



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS DA AMAZÔNIA

FATORES QUE INFLUENCIAM NA COLONIZAÇÃO DO
CAJUEIRO (*Anacardium occidentale* L. - Anacardiaceae) PELO
BESOURO *Hypothenemus obscurus* (Coleóptera: Curculionidae:
Scolytinae) E SUA RELAÇÃO COM A PREDACÃO DE
SEMENTES DA ERVA-DE-PASSARINHO *Psittacanthus*
plagiophyllus Eichler (Loranthaceae)

LEIDIELLY PORTELA GHIZONI

Santarém, Pará
Abril, 2015

LEIDIELLY PORTELA GHIZONI

**FATORES QUE INFLUENCIAM NA COLONIZAÇÃO DO
CAJUEIRO (*Anacardium occidentale* L. - Anacardiaceae) PELO
BESOURO *Hypothenemus obscurus* (Coleóptera: Curculionidae:
Scolytinae) E SUA RELAÇÃO COM A PREDACÃO DE
SEMENTES DA ERVA-DE-PASSARINHO *Psittacanthus
plagiophyllus* Eichler (Loranthaceae)**

ORIENTADOR: DR. RODRIGO FERREIRA FADINI

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, junto ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais da Amazônia.

Área de Concentração: Estudos e Manejos de Ecossistemas Amazônicos

**Santarém, Pará
Abril, 2015**

FATORES QUE INFLUENCIAM NA COLONIZAÇÃO DO
CAJUEIRO (*Anacardium occidentale* L. - Anacardiaceae) PELO
BESOURO *Hypothenemus obscurus* (Coleóptera: Curculionidae:
Scolytinae) E SUA RELAÇÃO COM A PREDUÇÃO DE
SEMENTES DA ERVA-DE-PASSARINHO *Psittacanthus*
plagiophyllus Eichler (Loranthaceae)

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais, Área de concentração Estudos de Ecossistemas Amazônicos - Linha de Pesquisa: Genética e Conservação da Biodiversidade. Aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Recursos Naturais da Amazônia, nível de mestrado, da Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, em 30 de abril de 2015.

Prof. Dr. Troy Patrick Beldini (IBEF - UFOPA)
Coordenador do PGRNA

Apresentada à Comissão Examinadora, integrada pelos Professores:

Prof. Dr. Carlos Alberto Hecter Flechtmann (FEIS/ UNESP)
Examinador 1

Prof. Dr. Adenomar Neves de Carvalho (UFOPA)
Examinador 2

Prof. Dr. Ricardo Scoles Cano (UFOPA)
Examinador 3

Prof. Dr. Rodrigo Ferreira Fadini (UFOPA)
Orientador

Santarém, Pará
Abril, 2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

G422f Ghizoni, Leidielly Portela

Fatores que influenciam na colonização do cajueiro(*Anacardium occidentale* L. - Anacardiaceae) pelo besouro *Hypothenemus obscurus* (Coleóptera: Curculionidae: Scolytinae) e sua relação com a predação de sementes da erva-de-passarinho *Psittacanthus plagiophyllus* Eichler (Loranthaceae)/ Leidielly Portela Ghizoni. – Santarém, 2015.

59 f.: il.

Inclui bibliografias.

Orientador Dr. Rodrigo Ferreira Fadini.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Santarém, 2015.

1. *Anacardium occidentale*. 2. Besouro brocador. 3. Erva-de-passarinho. 4. Predação de sementes pós dispersão. I.Fadini, Rodrigo Ferreira, orient. II. Título.

CDD:23.ed. 577.1

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Luís e Odete Ghizoni e à minha irmã Ladyanne Ghizoni.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus em primeiro lugar, por me abençoar na minha jornada, por ter me protegido de todo e qualquer perigo que eu pudesse encontrar durante as intermináveis e sofridas idas a campo, agradeço a Ele por ter guiado meu caminho.

Meus agradecimentos sinceros ao meu professor e orientador Dr. Rodrigo Fadini, uma pessoa a quem tenho muita admiração, estima e respeito como ser humano e principalmente pelo excelente profissional que demonstrou ser. Sou grata a ele por ter me incentivado a fazer o mestrado, por ter me ajudado ao longo desses dois intermináveis anos, por ser prestativo, solícito e sempre presente, por ter contribuído com o meu crescimento profissional e superar muitas dificuldades.

Agradeço imensamente a minha família, meus pais e minha irmã, por serem meu apoio, por serem meu porto seguro, meu aconchego. Agradeço a eles por terem me dado o maior presente que eu poderia receber a educação. Agradeço a eles por ser quem eu sou, por estar aonde eu cheguei, por ter sido incentivada, apoiada, por acreditarem em mim, por me amarem incondicionalmente. Eu amo vocês incondicionalmente.

Meus agradecimentos em especial ao meu querido pai, que não mediu esforço para me acompanhar no campo inúmeras vezes, para me ajudar e sofrer junto comigo.

Ao meu namorado Avner Gaspar, por ter segurado a barra esses dois anos, por ter me suportado nos momentos de agonia, desespero e estresse. Obrigada por ter sido paciente, por ter sido parceiro, por ter penado junto comigo alguns finais de semana sob o calor de 50° que faz na savana. Por ter me ajudado, por ter cuidado de mim, por não me deixar pensar em desistir. Por ouvir minhas ideias hilariantes, por não me deixar desistir. Obrigada pela companhia e apoio. Amo você!

Agradeço as minhas amigas Jéssica Lira e Suellem Cavalcante, ao Cristiano Santos, Emilly Assis, por terem se sacrificado um pouquinho e ter tornado o campo mais divertido.

Agradeço ao Bolão por ter me ajudado a construir as armadilhas de impacto e por ter sempre ajudado no pode.

Ao Laboratório de Sementes da UFOPA por oferecer espaço para triagem das sementes.

Agradeço as amigas do mestrado e da vida, minha querida Celyane Batista, Meive Freire, Telma Lélia, Aline Evangelista, pela amizade, cumplicidade, pelas ligações

prolongadas, por compartilharem as aflições, preocupações, por terem me acompanhado ao longo dessa jornada, por terem me ajudado, pelos momentos divertidos, pelos sorrisos, abraços, pelo carinho. Meu muito Obrigada!

Ao querido Brendson Carlos Brito, meu grande amigo, que mesmo estando longe jamais me abandonou. Amizade igual a sua é rara.

À minha amiga de longa data, Ana Belcina Gomes, pela parceria, por ter exercido seu papel de psicóloga tentando me ajudar, mesmo sem entender muita coisa do meu trabalho, mas mesmo assim achando tudo fascinante. Obrigada Bel!

Agradeço ao Fabrício Golobovante pela produção do mapa com as localizações das áreas.

Agradeço aos meus auxiliares de campo, seu Laudeco, Valter e Edi por terem me ajudado nos trabalhos de campo, pelas conversas, pelas bobagens, por terem facilitado um pouquinho a minha vida.

Meus agradecimentos ao Dr. Carlos Flechtmann pela identificação de *Hypothenemus obscurus*.

Agradeço ao professor Dr. Teston por ter contribuído com meu trabalho, e por ter “emprestado” uma de suas alunas para fazer a contagem e identificação dos besouros coletados em campo.

À Emilly de Assis, por ter feito a identificação e contagem dos espécimes capturados em campo.

À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

Agradeço aos amigos que estando longe de mim, emanaram energias positivas para que eu pudesse alcançar meus objetivos.

Agradeço a todos os colegas que de forma direta ou indireta contribuíram com meu projeto, meus agradecimentos a todos.

EPÍGRAFE

“Os cientistas dizem que somos feitos de átomos, mas um passarinho me contou que somos feitos de histórias”.

Eduardo Galeano

GHIZONI, Leidielly Portela. **FATORES QUE INFLUENCIAM NA COLONIZAÇÃO DO CAJUEIRO (*Anacardium occidentale* L. - Anacardiaceae) PELO BESOURO *Hypothenemus obscurus* (Scolytinae) E SUA RELAÇÃO COM A PREDUÇÃO DE SEMENTES DA ERVA-DE-PASSARINHO *Psittacanthus plagiophyllus* Eichler (Loranthaceae). 2015. 60 páginas.** Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais. Área de Concentração: Estudos e Manejos de Ecossistemas Amazônicos - Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Universidade Federal do Oeste do Pará- UFOPA, Santarém, 2015.

RESUMO

Os fatores que determinam a relação entre uma espécie de erva-de-passarinho (*Psittacanthus plagiophyllus*), seu único hospedeiro local (*Anacardium occidentale*) e um besouro predador de sementes (*Hypothenemus obscurus*), que penetra no hospedeiro quanto na semente da erva-de-passarinho, são pouco conhecidos. Neste estudo, nosso objetivo foi especificamente investigar como as características do hospedeiro influenciam na colonização desses besouros, relacionando os padrões de infestação com a predação das sementes da erva-de-passarinho. Nós amostramos 58 hospedeiros em duas áreas de estudo (Muretá e Piraoca) perto da vila de Alter-do-Chão, no Estado do Pará, Brasil. Dez galhos de cada hospedeiro foram marcados para determinar a fenologia de infestação pelo besouro. Nós medimos as características dos hospedeiros (altura, diâmetro à altura do solo, produção de goma e número de árvores vizinhas) para avaliar a relação tanto com a intensidade quanto com a prevalência de infestação. Além disso, nós também capturamos os besouros usando uma armadilha contendo uma isca de odor durante cinco meses. Finalmente, duas mil sementes da erva-de-passarinho foram inoculadas manualmente nos galhos dos hospedeiros para comparar a predação de sementes entre as áreas. Nós mostramos que a infestação pelo besouro teve um pico em junho-julho de 2014, no início do período seco, o que também coincidiu com o pico de frutificação da erva-de-passarinho. Apenas o tamanho do hospedeiro influenciou na infestação pelo besouro de maneira significativa, com os hospedeiros menores possuindo maior infestação do que os hospedeiros maiores. O local com maior intensidade e prevalência de infestação (Piraoca) teve a menor abundância de besouros. A predação de sementes da erva-de-passarinho foi menor na Piraoca do que no Muretá, sugerindo que os besouros podem também penetrar nas sementes após elas estarem aderidas ao galho. Nossa hipótese de que a especialização local desta erva-de-passarinho seja em função do espaço livre de inimigos proporcionado pelo mecanismo de defesa do hospedeiro, precisa ser revista.

PALAVRAS-CHAVE: *Anacardium occidentale*, besouro brocador, erva-de-passarinho, predação de sementes pós dispersão.

GHIZONI, Leidielly Portela. **FACTORS THAT INFLUENCE THE COLONIZATION OF THE CASHEW TREE (*Anacardium occidentale* L. - *Anacardiaceae*) BY THE BEETLE *Hypothenemus obscurus* (Scolytinae) AND ITS RELATIONSHIP WITH THE SEED PREDATION OF THE MISTLETOE *Psittacanthus plagiophyllus* Eichler (Loranthaceae).** 2015. 60 pages. Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais. Área de Concentração: Estudos e Manejos de Ecossistemas Amazônicos - Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Universidade Federal do Oeste do Pará- UFOPA, Santarém, 2015.

ABSTRACT

The factors that determine the relationship between a mistletoe species (*Psittacanthus plagiophyllus*), its only local host (*Anacardium occidentale*) and a seed predator beetle (*Hypothenemus obscurus*), which bore both into the host and the mistletoe seeds, are poorly known. In this study, we aim specifically to investigate how host characteristics influence colonization by these beetles, relating the infestation patterns with predation of mistletoe seeds. We sampled 58 hosts in two study sites (Muretá and Piraoca) near to Alter-do-Chão village, Para state, Brazil. Ten branches of each host were marked to determinate the phenology of beetle infestation. We measured host characteristics (height, diameter at soil height, gum production and the number of neighbor trees) to evaluate their relationship with both intensity and prevalence of infestation. Besides this, we also captured beetles using a bait-trap during five months. Finally, 2,000 seeds of the mistletoe were hand-inoculated on host branches to compare seed predation between sites. We show that beetle infestation of host trees peaked in June-July, in the beginning of the dry season, which also coincides with the peak of the mistletoe fruiting period. Only host size influenced beetle infestation significantly, with smaller hosts harboring higher beetle infestation than larger hosts. The site with higher intensity and prevalence of infestation (Piraoca) had the lower beetle abundance. The predation of mistletoe seeds was lower in Piraoca than in the Muretá, suggesting that beetles could also bore into seeds after they become attached to host branches. The hypothesis that local specialization in this mistletoe species is due to enemy-free-space proportioned by the mechanism of host defense, need to be reviedwed .

KEY WORDS: *Anacardium occidentale*, mistletoe, post-dispersal seed predation, woodboring beetle.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	xii
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
1.1. O cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.: Anacardiaceae).....	13
1.2. Ervas-de-passarinho.....	14
1.3. Especificidade por hospedeiros entre as ervas-de-passarinho.....	15
1.4. Besouros da casca e da ambrósia (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae).....	16
1.5. O besouro da ambrósia <i>Hypothenemus obscurus</i> Fabricius (1801) (Coleoptera, Curculionidae: Scolytidae).....	17
1.6. Relação entre o besouro da ambrósia, a erva-de-passarinho e o cajueiro.....	18
1.7. OBJETIVOS.....	22
1.7.1. Objetivo geral.....	22
1.7.2. Objetivos específicos.....	22
CAPÍTULO I	23
RESUMO	25
1. INTRODUÇÃO	26
2. MATERIAL E MÉTODO	29
2.1. Área de estudo	29
2.2. Fenologia de infestação dos galhos de <i>A. occidentale</i> por <i>H. obscurus</i> e padrão de distribuição de orifícios de entrada	31
2.3. Abundância de <i>H. obscurus</i> nas áreas de estudo.....	32
2.4. Determinantes da infestação de <i>A. occidentale</i> por <i>H. obscurus</i>	32
2.5. Predação de sementes de <i>P. Plagiophyllus</i>	33
2.6. Análises e estatísticas.....	33
3. RESULTADOS.....	35
3.1. Fenologia de infestação e padrão de distribuição de orifícios de entrada de <i>H. obscurus</i> em galhos de <i>A. occidentale</i>	35
3.2. Abundância de <i>H. obscurus</i> nas áreas de estudo.....	38
3.3. Determinantes da infestação.....	39
3.4. Predação das sementes.....	40
4. DISCUSSÃO.....	41
4.1. Diferenças espaço-temporais na infestação por <i>H. obscurus</i>	43
4.2. Abundância de <i>H. obscurus</i> nas áreas de estudo.....	44
4.3. Determinantes da infestação de <i>A. occidentale</i>	44
4.4. Predação de sementes	40
AGRADECIMENTOS.....	46
5. LITERATURA CITADA.....	47
6. ANEXOS.....	53

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Sistema de estudo: Quanto mais eficiente for o mecanismo de defesa do hospedeiro *A. occidentale*, menor será a abundância dos besouros *H. obscurus* e maior sobrevivência das sementes de *P.plagiophyllus*20
- Figura 2:** Mapa de localização das áreas de estudo, Piraoca e Muretá, na margem direita do Rio Tapajós. (Mapa elaborado por Fabrício Golobovante).30
- Figura 3:** Distribuição mensal das chuvas no município de Santarém, PA, ao longo do ano de 2014. Dados fornecidos pelo Dr. Antônio Carlos Lôla da Costa, UFPA, Belém, PA. Os dados dos meses de janeiro e abril foram determinados com base na média dos últimos 5 anos em virtude de problemas com o equipamento de medida.31
- Figura 4:** Número cumulativo de orifícios escavados por *H. obscurus* em galhos do cajueiro (*A. occidentale*) em duas áreas de estudo (Piraoca e Muretá) localizadas em Alter-do-Chão, PA, entre os meses de janeiro a dezembro de 2014. Dados representados pela média \pm EP a fim de facilitar a visualização. N = 29 cajueiros em cada área, sendo 10 galhos por cajueiro.36
- Figura 5:** Número de orifícios escavados por *H. obscurus* em galhos do cajueiro (*A. occidentale*), em meses subsequentes, em duas áreas de estudo (Piraoca e Muretá) localizadas em Alter-do-Chão, PA, entre os meses de janeiro e dezembro de 2014. Dados representados pela média \pm EP a fim de facilitar a visualização. Os meses de pico de frutificação de *P. plagiophyllus* estão hachurados com o retângulo cinza. N = 29 cajueiros em cada área, sendo 10 galhos por cajueiro.37
- Figura 6:** Proporção cumulativa de galhos do cajueiro (*A. occidentale*) com orifícios escavados por *H. obscurus* em duas áreas de estudo (Piraoca e Muretá) localizadas em Alter-do-Chão, PA, entre os meses de janeiro e dezembro de 2014. Dados representados pela média \pm EP a fim de facilitar a visualização. N = 29 cajueiros em cada área, sendo 10 galhos por cajueiro.37
- Figura 7:** Número cumulativo de orifícios escavados por *H. obscurus*, distribuídos ao longo de 50 cm marcados nos galhos de *A. occidentale* nas áreas de estudo (Muretá e Piraoca, respectivamente), localizadas em Alter-do-Chão, PA, entre os meses de janeiro e dezembro de 2014. Dados representados pela média \pm EP a fim de facilitar a visualização. N = 29 cajueiros em cada área, sendo 10 galhos por cajueiro.38
- Figura 8:** Número de indivíduos da espécie *H. obscurus* capturados em armadilhas de impacto, modelo ESALQ-84, distribuídas ao longo das áreas de estudo (Piraoca e Muretá), localizadas em Alter-do-Chão, PA, entre os meses de maio e agosto.39
- Figura 9:** Proporção de sementes predadas nas duas áreas de estudo (Muretá e Piraoca) localizadas em Alter-do-Chão- PA.41

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1. O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.: Anacardiaceae)

O cajueiro pertence à família Anacardiaceae, composta por mais de 60 gêneros. Dentre as 22 espécies de *Anacardium* descritas, *Anacardium occidentale* se destaca por ter sido domesticada e por seu aproveitamento econômico (Melo, 2002). O cajueiro é uma planta brasileira, nativa dos campos e dunas da costa do norte do país e hoje está espalhada por toda América Tropical e Antilhas, sendo encontradas também na África e Ásia (Melo, 2002).

As espécies pertencentes a esta família apresentam entre outras características, ramos sempre providos de canais resiníferos. A produção de goma nas plantas é resultante de um mecanismo de defesa de natureza física ao ataque de fungos e bactérias, e pode ser estimulada por fatores climáticos desfavoráveis, por ação induzida, através de incisão nas plantas, bem como por introdução de estimulantes químicos no tronco da árvore (Lima et al., 2002).

De acordo com Bandeira (1991) a média de produção de goma por cajueiro é de 700g/ano e possui inúmeras utilidades comerciais, como na indústria que é utilizado como um adesivo (em painéis de carpintaria, madeira compensada, e utilizada na encadernação), porque possui propriedades inseticidas (Orwa et al., 2009). Apesar dos constituintes químicos da goma, existe um grande número de insetos que vivem na árvore do cajueiro, que podem atacá-lo durante as diferentes fases de seu crescimento.

Alguns desses organismos vivem associados à casca da árvore, isso porque a casca é rica em nutrientes orgânicos, tornando-se alvo de diferentes espécies, incluindo insetos, vertebrados, fungos e bactérias (Francesch et al., 2005). Melo (2002), cita alguns exemplos das pragas do cajueiro, tais como a broca-dos-ramos (*Apate* spp., Coleóptera, Bostrichidae), as larvas desse besouro constroem galerias nos ramos e troncos dos cajueiros, nos quais, também, vivem os adultos, e como consequência as partes atacadas, geralmente secam. Ataque semelhante foi observado, com os besouros da ambrósia *Hypothenemus obscurus* Fabricius (1801) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytidae), uma espécie broqueadora, que constrói galerias nos ramos do cajueiro, onde se desenvolvem.

O cajueiro também é utilizado como hospedeiro por plantas parasitas, dentre as quais se destaca *Psittacanthus plagiophyllus* Eichler (Loranthaceae) (Fadini et al., 2009), que se desenvolve nos galhos do cajueiro, de onde retira os recursos necessários para o seu desenvolvimento.

1.2. Ervas-de-passarinho

As plantas parasitas são organismos ecologicamente importantes espalhadas em todo o mundo. E embora algumas espécies sejam consideradas patógenos prejudiciais de florestas e plantas comerciais, a maioria delas não impacta economicamente culturas valiosas e produtos florestais (Mathiasen et al., 2008; Nickrent, 2011). Plantas parasitas aéreas crescem em contato com galhos de árvores e arbustos de onde retiram alguns ou todos os recursos necessários para completar seu ciclo de vida, através do haustório, um órgão multifuncional, que além de prender-se ao hospedeiro, estabelece uma ponte fisiológica com o xilema e/ou floema que mantém o fluxo unidirecional entre o hospedeiro e a planta parasita (Aukema, 2003; Shen et al., 2006; Mathiasen et al., 2008).

De acordo com o grau de dependência com a planta hospedeira podem ser classificadas como holoparasitas (parasitas do floema) e hemiparasitas (parasitas do xilema) (Press e Phoenix, 2005; Shen et al., 2006; Nickrent, 2011). As holoparasitas não realizam fotossíntese, sendo, portanto, totalmente dependentes do seu hospedeiro, retirando deste os produtos fotossintéticos e outros nutrientes necessários para a sua sobrevivência. Por outro lado, as hemiparasitas produzem seus açúcares via fotossíntese e retiram apenas água e sais minerais do hospedeiro (Shen et al., 2006; Nickrent, 2011; Arruda et al., 2012).

Apesar dos efeitos negativos sobre as espécies parasitadas, tais como a redução na capacidade competitiva, redução no crescimento e reprodução, aumento da suscetibilidade a outras doenças e lesões e algumas vezes causar a morte direta da planta hospedeira, as plantas parasitas também podem exercer papel benéfico como fonte de recursos para vários organismos, tais como: mamíferos, insetos herbívoros, polinizadores e dispersores de sementes (Geils et al., 2002; Aukema, 2003; Press e Phoenix, 2005; Shen et al., 2006; Arruda et al., 2012).

Apesar do parasitismo em plantas ser negligenciado em relação ao parasitismo animal, o parasitismo em angiospermas evoluiu de forma independente por cerca de doze

vezes. Atualmente existem aproximadamente 4.400 espécies distribuídas em mais de 270 gêneros (Nickrent, 2011), constituindo um grupo diversificado de plantas, que podem ser encontradas em quase todos os biomas do mundo, incluindo as florestas boreais, tropicais e regiões áridas (Norton e Carpenter, 1998).

O maior grupo de plantas parasitas pertence à ordem Santalales, que possui 19 famílias, das quais, somente cinco são parasitas aéreos ou ervas-de-passarinho: Misodendraceae, Loranthaceae, Santalaceae, Viscaceae e Amphorogygnaceae (Nickrent, 2011). A família Loranthaceae possui distribuição pantropical com aproximadamente 73 gêneros e 900 espécies (Nickrent, 2011), sendo a mais representativa na flora brasileira com 131 espécies distribuídas em doze gêneros (Arruda et al., 2012).

Estas hemiparasitas desenvolvem uma relação de mutualismo com seus dispersores, oferecendo frutos para os animais que dispersam suas sementes (Aukema, 2003), por isso, são popularmente conhecidas no Brasil como “ervas-de-passarinho”, pois dependem principalmente das aves para a dispersão das suas sementes. Os frutos são altamente nutritivos para os dispersores (Sallabanks e Courtney, 1992), que engolem o fruto inteiro e regurgitam ou defecam a semente logo em seguida, ainda com uma espessa cobertura de “cola” denominada de viscina, que lhe permite aderir no galho de seu hospedeiro (Martínez del Rio et al., 1996; Mathiasen et al., 2008; Nickrent, 2011).

1.3. Especificidade por hospedeiros entre as ervas-de-passarinho

Muitas espécies de erva-de-passarinho são capazes de parasitar um grande número de espécies hospedeiras (Devkota, 2005), essas espécies são conhecidas como generalistas. No entanto, mesmo recebendo esta classificação, algumas espécies têm preferência particular em parasitar determinados hospedeiros (Press e Phoenix, 2005; Arruda et al., 2012), sendo a especialização por hospedeiro, uma importante característica ecológica das plantas parasitas (Norton e Carpenter, 1998; Okubamichael et al., 2011; Arruda et al., 2012). Sendo esta ação considerada como vantajosa, principalmente porque ela resulta em aumento na eficiência de captura de recursos do hospedeiro (Norton e Carpenter, 1998).

As ervas-de-passarinho podem se especializar em diferentes espécies hospedeiras que co-ocorrem em diferentes partes da sua distribuição geográfica (Martínez del Rio et al., 1996; Norton e Ladley, 1998). A especificidade pelo hospedeiro é uma consequência reconhecer as defesas da planta hospedeira e se adequar para obter recursos para seu cresci-

mento (Shen et al., 2006).

Além disso, existem outros fatores que podem determinar o grau local de especificidade das ervas-de-passarinho pela árvore hospedeira, tais como: a preferência das aves dispersoras por determinados tipos de árvores hospedeiras que oferecem melhores poleiros (Aukema e Martínez del Rio, 2002), a arquitetura do galho (Arruda et al., 2006) e da árvore hospedeira (Sargent, 1995), a diferença na suscetibilidade dos hospedeiros às ervas-de-passarinho (Fadini, 2011), fatores genéticos, processos mecânicos e fisiológico (Yan, 1993; Mathiasen et al., 2008), além de diferenças fenológicas ou químicas (Press e Phoenix, 2005; Okubamichael et al., 2011; Scalón et al., 2013), que promovem o reconhecimento da árvore hospedeira e a consequente formação do haustório.

A especificidade extrema pelo hospedeiro é considerada rara para as ervas-de-passarinho. Por exemplo, Okubamichael et al. (2011) mostraram que no Kalahari, Sul da África, a espécie de *Viscum rotundifolium* L.f. (Viscaceae) especializou-se em parasitar apenas *Ehretia rigida* (Boraginaceae) e *Ziziphus mucronata* Willd. (Rhamnaceae), demonstrando que as sementes depositadas nesses dois hospedeiros obtiveram maior chance de fixação e sobrevivência do que as sementes depositadas em outras espécies de potenciais hospedeiros. Em experimentos conduzidos *in vitro*, Thorogood e Hiscock (2010) verificaram que existe uma compatibilidade a nível celular entre plantas parasitas *Orobanche* e duas espécies de hospedeiros naturais (*Picris hieracioides* L. (Asteraceae) e *Crepis capillaris* Wallr. (Asteraceae)), o que pode sustentar os padrões de alto grau de especificidade desta planta parasita pelo seu hospedeiro.

No deserto chileno, *Tristerix aphyllus* (Miers ex DC.) Barlow & Wiens (Loranthaceae), uma espécie de planta parasita, tem como seu único hospedeiro o cacto *Echinopsis chilensis* (Cactaceae). Para proteger-se, o cacto desenvolveu espinhos mais densos e em maior quantidade, que dificultam a penetração da planta parasita; que em contra partida, evoluiu uma radícula estendida que consegue penetrar no interior do cacto, superando as defesas do mesmo (Medel, 2000; Medel et al., 2002).

1.4. Besouros da casca e da ambrósia (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)

Besouros de casca e da ambrósia constituem mais de seis mil espécies distribuídas em 181 gêneros espalhados por todo o mundo. No entanto, a maioria dos trabalhos realizados estão concentrados em apenas algumas espécies, principalmente sobre as mais

agressivas, que matam principalmente as coníferas (Byers, 1995).

De modo geral, para todos os escolitídeos, quando as circunstâncias são favoráveis, vivem mais de uma geração dentro do material hospedeiro, quando as condições mudam, saem em busca de material fresco (Beardsley, 1980; Chararas et al., 1982; Flechtmann et al., 1995; Bentz, 2006), orientados por pistas olfativas, embora pistas visuais também possam estar envolvidas (Schiebe, 2011). As pistas olfativas envolvem substâncias voláteis liberadas pelas plantas e as visuais englobam as características físicas da planta hospedeira: tamanho, forma, inclinação, espessura da casca e a sua cor (Byers, 1995; Flechtmann et al., 1995).

De acordo com Boone *et al.*, (2011), os coleópteros têm preferência em colonizar árvores de diâmetro maior, porque estas suportam maior quantidade de colonizadores e oferecem maiores possibilidades de desenvolvimento para as larvas destas espécies, no entanto, as árvores de grande diâmetro possuem melhores defesas, representada pelo maior fluxo de resina, que podem impedir fisicamente o progresso do besouro (Raffa et al., 1993; Franceschi et al., 2005).

Estudos realizados sugerem que os escolitídeos respondem as condições fisiológicas do hospedeiro após o pouso em um determinado hospedeiro. A química da árvore, pelo menos em alguns indivíduos saudáveis, irá desencorajar alguns besouros a entrar na árvore. Entretanto, alguns besouros de casca adultos e fungos trazidos por eles geralmente conseguem tolerar a química presente na resina de seu hospedeiro, efetuando o ataque com sucesso (Raffa et al., 1993).

1.5. O besouro da ambrósia *Hypothenemus obscurus* Fabricius (1801) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytidae)

Hypothenemus obscurus, possui registros de ocorrência na Flórida, México, Porto Rico, Suriname, Venezuela, Colômbia, Havaí e Brasil (Beardsley, 1980; Wood, 2007; Constantino et al., 2011). É considerado uma praga da castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa* - Lecythidaceae) e da noz de macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betch - Proteaceae) nas Américas e no Pacífico.

Esta espécie se alimenta e procria em galhos e pequenos ramos de árvores, plantas lenhosas recém-cortadas e feridas, em arbustos, folhas, vagens e sementes de uma grande variedade de hospedeiros (Delate et al., 1994; Dall'Oglio e Filho, 1997; Constantino et al., 2011), incluindo os mais importantes citados por Wood (2007): *Hymenaea courbaril* (Caesalpinaceae), *Tamarindus indica* (Caesalpinaceae), *Myristica fragrans* (Myristicaceae), *Bertholletia excelsa* (Lecythidaceae), *Cecropia* sp. (Cecropiaceae), *Ficus* sp. (Moraceae) e *Theobroma cacao* (Sterculiaceae). Confirmando os hábitos polípagos desta espécie.

A maioria das informações é generalizada para as espécies do gênero *Hypothenemus* (Wood, 2007). No entanto, Constantino et al. (2011) descreveram os aspectos biológicos deste coleóptero em nozes de macadâmia na Colômbia, onde o ciclo se inicia com a chegada da fêmea na noz, em seguida perfura o seu pericarpo através da corona quando o fruto ainda está verde, posteriormente perfura o endocarpo imaturo para poder entrar no endosperma da semente, onde irá construir galerias e depositar seus ovos, que se desenvolverão em larvas, pupas (com uma breve fase de pré-pupa) e finalmente em adultos, completando seu ciclo de vida. Posteriormente, surgem orifícios na parte lateral do endocarpo, por onde emergem os novos adultos em busca de novos frutos para colonizar.

A proporção sexual para esta espécie (machos: fêmeas) é de 1:12, sendo uma espécie endogâmica, apresentando claro dimorfismo sexual, onde os machos são menores (0.9 mm) que as fêmeas (1.4-1.6 mm), possuem o corpo mais recurvado e são ápteros (o segundo par de asas é atrofiado), não realizam voos, permanecendo toda a sua vida dentro dos hospedeiros, pareando com as fêmeas de sua mesma progênie (Flechtmann et al., 1995; Damon, 2000; Constantino et al., 2011).

1.6. Relação entre o besouro da ambrósia, a erva-de-passarinho e o cajueiro.

Psittacanthus plagiophyllus Eichler (Loranthaceae) é considerada de modo geral como uma espécie de erva-de-passarinho generalista porque parasita vários hospedeiros ao longo de sua distribuição (Kuijt, 2009). No entanto, nas áreas de savana da região de Alterdo-Chão, Santarém, Pará, Brasil, Fadini (2011) verificou que esta espécie especializou-se em parasitar somente o cajueiro (*Anacardium occidentale* L., Anacardiaceae).

Fadini et al., (2014) buscaram explicar essa especialização local através da Teoria do Espaço Livre de Inimigos, proposta por Jeffries & Lawton (1984), que a definiram como sendo estilos de vida que reduzem ou eliminam as chances de uma espécie ser atacada por uma ou mais espécies de inimigos naturais (Berdegue et al., 1996). Neste sentido, o fato de *P. plagiophyllus* parasitar unicamente o cajueiro se deve à obtenção de um espaço livre de seus inimigos naturais, besouros parasitas e predadores de sementes, da espécie *H. obscurus*.

De acordo com Jeffries & Lawton (1984), o espaço livre de inimigos pode ser utilizado somente por algumas espécies, principalmente em função do seu tamanho, ou são muito pequenos ou muito grandes para serem mortos por um predador. Os organismos também podem apresentar características morfológicas que reduzem ou eliminam a predação e, deste modo, eles podem ocupar partes ou locais do habitat onde estão protegidos dos inimigos naturais, como provavelmente ocorre em nosso sistema de estudo (hospedeiro-parasita-predador). Diferentemente da grande maioria das espécies de ervas-de-passarinho, as sementes de *Psittacanthus plagiophyllus* são grandes (cerca de 1cm) e levam um mês ou mais para germinar, após a dispersão, tempo suficiente para o desenvolvimento larval de *H. obscurus*. Fadini et al. (2014) em experimentos de campo, inocularam sementes desta espécie de erva-de-passarinho em espécies de possíveis hospedeiros (*Bowdichia virgilioides*, *Byrsonima crassifolia*, *Himatanthus fallax*, *Lafoensia paccari*, e *Salvertia convallariaeodora*), além de *A. occidentale*, ao final observaram que a sobrevivência das sementes foi duas vezes maior em *A. occidentale* sugerindo, deste modo, que a diferença na predação das sementes pode estar relacionada ao mecanismo de defesa do hospedeiro (produção de goma), que é inexistente nas outras espécies de árvores avaliadas (Figura 1).

A goma do cajueiro é produzida nas células epiteliais e posteriormente armazenada em canais que revestem essas células (Miranda, 2009), havendo liberação deste produto em resposta a ferimentos na árvore durante um corte ou como resultado direto do ataque de insetos ou microrganismos, sendo que a quantidade de resina utilizável varia com a estação do ano (Christiansen et al., 1987). A goma possui enzimas proteolíticas inibitórias, quitinases, peroxidases e fenolxidasas, em quantidades variadas essas substâncias participam dos processos de defesa da planta, sugerindo deste modo, que a produção da goma funciona como um mecanismo de defesa química contra microrganismos invasores (Marques et al., 1992).

A exsudação da goma, apesar de não ser completamente eficiente, age como um mecanismo de defesa do cajueiro contra a entrada de *H. obscurus* em seu interior, e contrariamente, pode funcionar como reconhecimento químico entre o cajueiro e a erva-de-passarinho. Mecanismo semelhante também é observado em coníferas que em resposta aos ataques, evoluíram sistemas de ductos de resina no floema e no xilema que exsudam grande quantidade de oleoresina, uma secreção viscosa com propriedades tóxicas que funciona como barreira em locais de ferimentos e infecção, além de minimizar o ataque de besouros de casca, que são as únicas pestes mais destrutivas de coníferas em todo o mundo (Christiansen et al., 1987; Byers, 1989; Phillips e Croteau, 1999). Quando os escolitídeos atacam, as coníferas liberam a oleoresina constituída de monoterpenos e sesquiterpenos como estratégia de defesa química, repelindo-os ou aprisionando-os fisicamente (Christiansen et al., 1987; Franceschi et al., 2005).

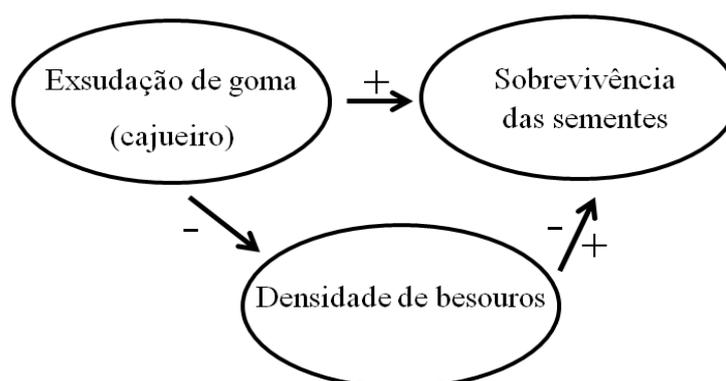


Figura1. Sistema de estudo: Quanto mais eficiente for o mecanismo de defesa do hospedeiro *A. occidentale*, menor será a abundância dos besouros *H. obscurus* e maior sobrevivência das sementes de *P. plagiophyllus*.

A partir dos resultados obtidos em seu estudo, Fadini et al. (2014) levantaram a hipótese de que *Anacardium occidentale* L., através da exsudação de goma, proporciona um espaço livre de inimigos para *P. plagiophyllus*, sendo esta uma possível causa da especificidade entre a erva-de-passarinho e o seu único hospedeiro na área de estudo. De acordo com Bradley & Tueller (2001), a adaptação que a árvore hospedeira desempenha, representa um papel fundamental na dinâmica interação que ocorre entre árvore e o besouro, sendo que as características individuais de cada árvore tais como tamanho, idade, espessura da casca, espessura do floema e a pressão da resina, além da competição com a vegetação

circundante, irão influenciar na sua sobrevivência. Deste modo, a soma desses fatores irá influenciar na fisiologia da árvore, tornando-a suscetível ou não ao ataque dos besouros brocador.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. Objetivo Geral

Avaliar se existem diferenças espaço-temporais na infestação dos galhos de *Anacardium occidentale* por *Hypothenemus obscurus*, relacionando-as a predação de sementes de *Psittacanthus plagiophyllus*.

1.7.2. Objetivos Específicos

- 1) Descrever a fenologia de infestação dos galhos de *A. occidentale* por *H. obscurus* ao longo de um ano, em duas áreas de estudo.
- 2) Descrever o padrão de distribuição de orifícios de entrada de *H. obscurus* ao longo dos galhos de *A. occidentale*.
- 3) Determinar a importância relativa de características dos hospedeiros e de seu entorno sobre a intensidade de infestação por *H. obscurus* nos galhos de *A. occidentale*.
- 4) Avaliar diferenças na taxa de predação de sementes de *P. plagiophyllus* em função da área de estudo e da produtividade de goma do hospedeiro.

CAPÍTULO I
FENOLOGIA DE INFESTAÇÃO DE GALHOS DE CAJUEIRO POR
UM BESOURO ESCOLITÍNEO E SUA RELAÇÃO COM A
PREDAÇÃO DAS SEMENTES DE UMA ESPÉCIE DE ERVA-DE-
PASSARINHO¹

Leidielly P. Ghizoni

Rodrigo F. Fadini

¹Artigo preparado nas normas do periódico Journal of Tropical Ecology (ISSN: 0266-4674).

Fenologia de infestação de galhos de cajueiro por um besouro escolítíneo e sua relação com a predação das sementes de uma espécie de erva-de-passarinho

PALAVRAS-CHAVE: *Anacardium occidentale*, besouro brocador, erva-de-passarinho, predação de sementes pós dispersão, relação tritrófica.

Leidielly Portela Ghizoni¹ e Rodrigo Ferreira Fadini^{1, 2, 3}

¹ Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Oeste do Pará, Rua Vera Paz, s/n, 68100-000, Santarém, Pará, Brasil.

² Instituto de Biodiversidade e Florestas, Universidade Federal do Oeste do Pará, Rua Vera Paz, s/n, 68100-000, Santarém, Pará, Brasil.

³ Autor para correspondência: rodrigo.fadini@ufopa.edu.br

RESUMO

Fatores que determinam a relação tritrófica entre uma espécie de erva-de-passarinho, seu hospedeiro local e um besouro brocador, que penetra tanto no hospedeiro quanto na semente da erva-de-passarinho, são pouco conhecidos. Nosso objetivo é investigar como características do hospedeiro influenciam na colonização desses besouros, relacionando os padrões de infestação com a predação das sementes. Amostramos 58 hospedeiros em duas áreas de estudo (Muretá/Piraoca) próximas à vila de Alter-do-Chão. Marcamos dez galhos de cada hospedeiro para determinar a fenologia de infestação pelo besouro. Medimos características dos hospedeiros para avaliar a relação da intensidade e prevalência da infestação. Inoculamos duas mil sementes nos galhos dos hospedeiros para comparar a predação entre as áreas. A infestação pelo besouro teve um pico em junho-julho, início do período seco e pico de frutificação da planta parasita. Hospedeiros menores foram significativamente infestados pelos besouros. Na Piraoca houve maior intensidade e prevalência de infestação e menor abundância de besouros. A predação das sementes foi maior no Muretá, sugerindo que os besouros também penetram nas sementes sem que adentrem nos galhos. Nossa hipótese de que a especialização local desta erva-de-passarinho seja em função do espaço livre de inimigos proporcionado pelo mecanismo de defesa do hospedeiro, precisa ser revista.

1. INTRODUÇÃO

Algumas espécies parasitas, tais como insetos fitófagos, parasitoide e ervas-de-passarinho podem desenvolver considerável especificidade pelo hospedeiro (Norton & Carpenter 1998). Essa especificidade pode ser em resposta a qualidade nutricional do hospedeiro, adaptação às resistências mecânicas, físicas e bioquímicas desenvolvidas pelo hospedeiro. A especificidade também pode ser desenvolvida por alguns parasitas a hospedeiros em que sejam menos suscetíveis à predação (Norton & Carpenter 1998, Wiklund & Friberg 2008), Teoria denominada de Espaço Livre de Inimigos - TELI (Jeffries & Lawton 1984, Stamp 2001, Wiklund & Friberg 2008).

Alguns trabalhos têm relacionado à especialização de um organismo por um determinado hospedeiro com a TELI (Berdegue *et al.* 1996, Stamp 2001, Wiklund & Friberg 2008), na qual propõe que se um determinado local fornece ao organismo um maior grau de proteção contra inimigos naturais mais do que um outro local alternativo, então este local em particular é dito como fornecedor de espaço livre de inimigos para um indivíduo. Sob esta definição, Fadini *et al.* (2014) sugeriram de que a especificidade extrema local desenvolvida por *Psittacanthus plagiophyllus* (Loranthaceae), uma espécie de erva-de-passarinho hemiparasita, e o cajueiro, seu único hospedeiro na área de estudo (*Anacardium occidentale* L.- Anacardiaceae) poderia ser explicada por tal teoria.

Em um caso de estudo, notou-se a presença de besouros brocadores *Hypothenemus obscurus* (Fabricius, 1801- Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae) dentro das sementes dispersadas da erva-de-passarinho. Em seguida, através de experimentos, constatou-se que as sementes de *P. plagiophyllus* plantadas em cinco diferentes espécies de plantas que ocorrem nas áreas de savana de Alter-de-Chão, haviam sido duas vezes mais predadas do que as

sementes ligadas aos galhos do cajueiro. Os resultados levaram Fadini *et al.* (2014) a levantar a hipótese de que o cajueiro ao se proteger do ataque dos besouros brocadores, através do seu mecanismo de defesa, a exsudação de goma, que possui propriedades inseticidas, com poder de atuar contra microrganismos invasores, tais como fungos, bactérias e insetos brocadores (Marques *et al.* 1992), estaria influenciando em algum grau, a sobrevivência das sementes da erva-de-passarinho dispersadas em seus galhos.

A fêmea de *Hypothenemus obscurus* tem hábitos polípagos e habita em uma variedade de hospedeiros, se alimentando da medula de pequenos ramos, galhos, frutos e sementes (Flechtmann 1995, Wood 2007). As sementes de *P. plagiophyllus*, ao contrário de muitas outras espécies de erva-de-passarinho, pelo seu tamanho diferenciado, oferecem um ambiente rico em nutriente e livre de inimigos naturais. O ciclo se inicia com a localização da semente pela fêmea de *H. obscurus* que então penetra na semente a partir do seu ponto de fixação com o galho do hospedeiro, após a sua entrada no interior da semente irá construir galerias e então ovipositar. Os ovos se desenvolvem até atingir a fase de besouros adultos, após metamorfose completa, e finalmente emergem da semente a procura de novos hospedeiros.

Contudo, a produção de frutos de *P. plagiophyllus* é restrita a somente uma época do ano, com pico de produção no mês de julho, quando a chuva de sementes é encerrada, as novas gerações podem se desenvolver nos galhos das árvores ou viver livres no ambiente, favorecendo a captura desses animais em vários tipos de armadilhas (Janzen 1980). De acordo com Schiebe (2011) o mecanismo de escolha do hospedeiro envolve pelo menos quatro etapas: a localização do habitat e do hospedeiro durante o voo; avaliação do hospedeiro após o pouso na árvore e o risco de defesa do hospedeiro após a entrada do besouro no hospedeiro. Se a árvore possuir a defesa bem sucedida, muitas vezes com fluxo

abundante de resina, ela prende os besouros em seus orifícios de entrada, caso contrário o coleóptero pode colonizar com sucesso o hospedeiro.

De modo geral a composição do hábitat e a sua estrutura podem influenciar na disponibilidade, na capacidade defensiva e na qualidade nutricional dos hospedeiros em relação aos coleópteros. Além das características locais, fatores ambientais tais como temperatura e precipitação podem atuar na atividade de voo dos besouros para hospedeiros que estejam vulneráveis, em resposta a um estresse sazonal, por exemplo, que pode reduzir a capacidade das árvores em resistir ao ataque (Raffa *et al.* 2008).

De acordo com Janzen (1980) a história natural desses coleópteros é pouco conhecida, neste sentido temos por objetivo investigar essa relação tritrófica ainda pouco conhecida envolvendo hospedeiro-parasita-predador, para isso vamos avaliar se existem diferenças espaço-temporais na infestação dos galhos de *Anacardium occidentale* por *Hypothenemus obscurus*, relacionando-as ao padrão de predação de sementes de *Psittacanthus plagiophyllus*, para isto iremos descrever a fenologia de infestação dos galhos de *A. occidentale* por *H. obscurus*, e seu padrão de distribuição nos galhos, além disso, iremos determinar a importância relativa de características dos hospedeiros e de seu entorno sobre a intensidade de infestação do besouro brocador nos galhos do hospedeiro e finalmente avaliar diferenças na taxa de predação de sementes de *P. plagiophyllus* em função da área de estudo e da produtividade de goma do hospedeiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Áreas de estudo

O estudo foi realizado em duas áreas, uma localizada próximo do Lago Verde, na base da Serra da Piraoca (S 2°29'44'', O 54°57'19') (daqui para frente denominada de “Piraoca”) e a outra próxima do Lago do Muretá (S 72°50'87'', O 97°204'76') (daqui para frente denominada de “Muretá”), ambas na margem direita do Rio Tapajós, próximo à Vila de Alter-do-Chão, cidade de Santarém, Pará, Brasil (Figura 2). Os dois locais foram selecionados com base em suas diferenças visuais quanto à “qualidade nutricional” das árvores entre as duas áreas. A área do Muretá apresenta hospedeiros mais vigorosos, mais saudáveis e de maior altura em relação à área da Piraoca, que possui vegetação de porte baixo, menos desenvolvido e provavelmente com menor capacidade de defesa. As formações vegetais das áreas são abertas, características de savanas, com formações vegetais abertas com um estrato herbáceo sempre presente, estratos arbustivos e, ou, arbóreos mais ou menos desenvolvidos, sujeitos a queimadas (Magnusson *et al.* 2008). Não forma um dossel contínuo e apresenta moitas bem definidas, constituídas por árvores, arbustos, ervas e lianas, *Psittacanthus plagiophyllus* ocorre em 71% das áreas de savana amostradas em um estudo prévio (Fadini & Lima 2012). As espécies de árvores dominantes são *Qualea grandiflora* Mart. (Vochysiaceae), *Salvertia convallariaeodora* St.Hil. (Vochysiaceae) e *Lafoensia pacari* (L.) H.B.K. (Lythraceae) (Miranda 1993), além de manchas de vegetação arbustivo-arbórea formadas principalmente por espécies das famílias Melastomataceae e Myrtaceae (Magnusson *et al.* 2008). *Anacardium occidentale* L. (Anacardiaceae) possui densidade absoluta de 9,33 indivíduos por hectare.

Por entre as moitas, existe um estrato graminóide, dominado por *Trachypogon plumosu* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Nees e *Paspalum carinatum* Hum. & Bon. ex Flügg (Miranda 1993, Magnusson *et al.* 2008). As savanas formam bordas abruptas com as formações florestais, e são facilmente reconhecidas em loco. O solo é predominantemente arenoso, com altos teores de alumínio trocável, pH ácido e baixos teores de nutrientes (Miranda 1993). O clima é Ami (tropical úmido) na classificação de Köppen, com dois períodos climáticos bem definidos, um período chuvoso (janeiro a junho) e um período seco (julho a dezembro) (Figura 3), com temperatura mínima de 22°C e máxima de 31,2°C (BDMEP 2015).

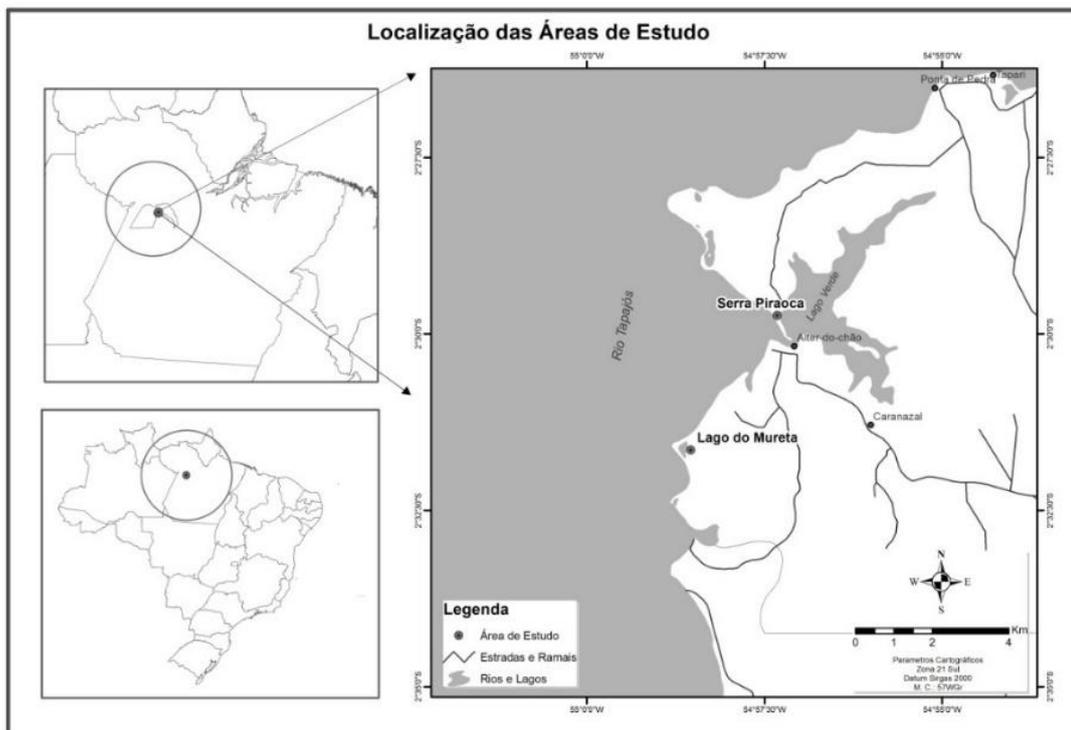


Figura 2. Mapa de localização das áreas de estudo, Piraoca e Muretá, na margem direita do Rio Tapajós. (Mapa elaborado por Fabrício Golobovante).

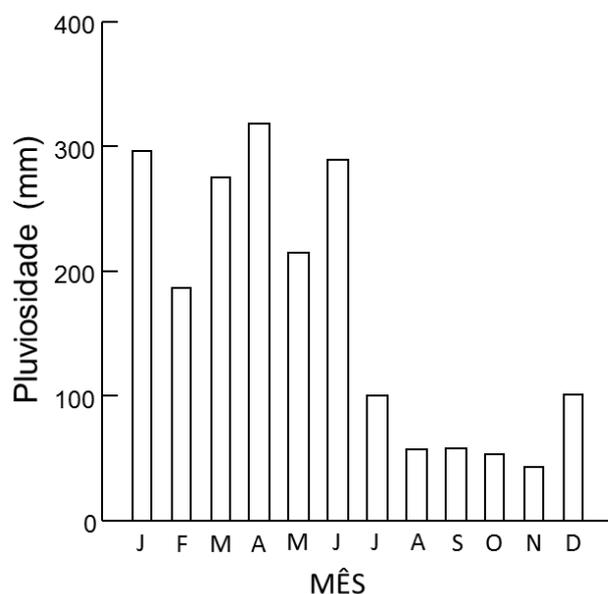


Figura 3. Distribuição mensal das chuvas no município de Santarém, PA, ao longo do ano de 2014. Dados fornecidos pelo Dr. Antônio Carlos Lôla da Costa, UFPA, Belém, PA. Os dados dos meses de janeiro e abril foram determinados com base na média dos últimos 5 anos em virtude de problemas com o equipamento de medida.

2.2. Fenologia de infestação dos galhos de *A. occidentale* por *H. obscurus* e padrão de distribuição de orifícios de entrada

Em cada área de estudo selecionou-se 30 cajueiros, distantes entre si por pelo menos 30 m. Para cada cajueiro, foram selecionados 10 galhos verdes com espessura aproximada de 10 a 15 mm (Sargent 1995), os quais foram inspecionados uma vez por mês, durante 12 meses (janeiro a dezembro de 2014), para contabilizar os orifícios de entrada das fêmeas dos besouros broqueadores. Em cada galho foi marcado uma secção de 50 cm que se iniciava da parte mais distal para a parte mais proximal em relação ao ramo mais grosso. As secções foram divididas em cinco subsecções de 10 cm cada, a fim de verificar o padrão de distribuição dos orifícios deixados por *H. obscurus*.

Para cada subsecção marcada, realizou-se uma contagem inicial dos orifícios encontrados sendo identificados com um pincel para retroprojektor permanente, a fim de evitar que houvesse recontagens nas amostragens seguintes.

2.3. Abundância de *H. obscurus* nas áreas de estudo

Para avaliar se o número de orifícios refletia a abundância dos besouros no ambiente foram utilizadas em cada área de estudo cinco armadilhas de impacto, modelo ESALQ-84 (Berti Filho & Flechtmann 1986), instaladas em árvores próximas de cada cajueiro e distantes uma da outra por no mínimo 60 metros, aproximadamente dois metros de altura do nível do solo. As coletas foram realizadas durante os meses de maio a agosto de 2014. O atrante utilizado como isca foi o álcool etílico hidratado (54%), sendo renovado a cada coleta. Os espécimes capturados foram armazenados em recipientes contendo álcool a 70%, identificados com a data da coleta e o número da armadilha e encaminhados para o Museu de Zoologia da UFOPA, em que foi realizada a identificação e contagem dos mesmos.

2.4. Determinantes da infestação de *A. occidentale* por *H. obscurus*

Para avaliar a influência das características morfológicas dos cajueiros e do entorno sobre a intensidade de infestação por *H. obscurus*, foram medidas as seguintes variáveis nos 60 hospedeiros marcados: quantidade de goma produzida (g), diâmetro do tronco à altura do solo (cm), altura do hospedeiro (m) e número de árvores em um raio de 10 m do hospedeiro-focal. Para a extração da goma, no mês de setembro, foi utilizada a técnica de estriagem descendente, um corte único da esquerda para a direita a 40 cm do solo com 15 cm de comprimento. Passados 20 dias, a goma exsudada de cada cajueiro foi coletada e armazenada em sacos plásticos. Em seguida, foi pesada em balança semi-analítica, com precisão de 0,001g.

2.5. Predação das sementes de *P. plagiophyllus*

Para avaliar se a proporção de sementes de *P. plagiophyllus* predadas estava positivamente correlacionada com o número de orifícios presente nos galhos, no mês de julho, período de frutificação de *P. plagiophyllus*, foram sorteados 40 cajueiros (20 por área) entre os 60 amostrados. Dez sementes de *P. plagiophyllus* foram plantadas manualmente (espaçadas por 2 cm entre si) em cinco galhos de cada um dos cajueiros marcados (50 sementes por cajueiro, 2000 sementes totais). O período de ciclo de vida mais comum entre os escolitídeos, requer de 20-90 dias para que se complete (Wood 2007), deste modo ao final de 45 dias (mês de agosto), as sementes foram coletadas e armazenadas em sacos de papel individualizados. As seguintes categorias foram utilizadas: a) número total de sementes encontradas *in situ*, divididas em: a1) número total de sementes mortas e a2) número total de sementes sobreviventes e b) número total de sementes desaparecidas.

As sementes mortas (marrons) foram separadas das sementes vivas (verdes) em sacos de papel distintos. Imediatamente, as sementes mortas foram triadas em laboratório, onde se registrou o número de sementes perfuradas, a quantidade de adultos em cada semente (quando havia) e a presença de estados imaturos (ovos e larvas). As sementes verdes (não germinadas) foram mantidas armazenadas em sacos de papel por 45 dias, tempo necessário para que ovos e larvas se desenvolvessem; posteriormente, as sementes foram triadas. Dessa forma, foi obtido o total de predação causada pelos besouros, já que estes só causam a mortalidade das sementes após a eclosão.

2.6. Análises estatísticas

Para avaliar mudanças na infestação dos galhos de *A. occidentale* por *H. obscurus* ao longo do tempo, nas duas áreas de estudo, utilizamos uma Análise de Variância para

Medidas Repetidas através do pacote “ez” (Lawrence 2013). A soma do número de orifícios em 10 galhos de cada hospedeiro foi utilizada como variável dependente. Isso foi feito de três maneiras: 1) através do número acumulado de orifícios, transformado em *log*; 2) através do número de orifícios mensal, obtido pela diferença entre o número de orifícios do mês seguinte e do mês anterior, também transformado em *log*; e 3) através da proporção cumulativa de galhos ocupados por pelo menos um orifício, transformada em arcoseno da raiz quadrada. A “área de estudo” foi incluída no modelo como o fator *entre sujeitos* e o “mês” como fator *dentro de sujeitos*. Quando os dados não obedeceram ao critério de esfericidade (teste de Mauchly: $P < 0,05$), corrigimos os valores de *P* para o fator “mês” e “mês x área de estudo” através do ajustamento de Greenhouse-Geisser. Para verificar a abundância de *H. obscurus* nas áreas de estudo foi utilizado um teste t pareado.

Utilizamos uma Análise de Covariância para avaliar a influência das variáveis relacionadas aos hospedeiros-focais sobre a colonização pelos besouros. Utilizamos o somatório do número de novos orifícios por hospedeiro entre janeiro e dezembro de 2014 como variável dependente, com a área de estudo como variável categórica, além da altura (m) e o número de árvores vizinhas (ambos transformados em logaritmo) como covariáveis. Também utilizamos uma Correlação de Pearson para avaliar a associação entre o número de orifícios em janeiro e o número de novos orifícios entre janeiro e dezembro de 2014.

Para avaliar se havia influência da produtividade de goma sobre a mortalidade das sementes, utilizamos uma Análise de Covariância. A área de estudo foi novamente a variável categórica, enquanto a produtividade de goma (transformada em logaritmo) foi a covariável. A variável dependente foi a proporção de sementes mortas, transformada em arcoseno da raiz quadrada.

3. RESULTADOS

3.1. Fenologia de infestação e padrão de distribuição de orifícios de entrada de

H. obscurus em galhos de *A. occidentale*

Amostramos um total de 600 galhos distribuídos em 60 árvores entre as áreas de estudo, Piraoca e Muretá. No entanto, uma árvore de cada área morreu ao longo do experimento, restando 580 galhos. No início do experimento (janeiro / 2014) contabilizamos 1.259 e 895 orifícios deixados por *H. obscurus* para a Piraoca e Muretá, respectivamente. Ao final do experimento (dezembro / 2014) este número quase dobrou para ambas as áreas: Piraoca (2.458 orifícios) e Muretá (1.632 orifícios). O número mínimo de orifícios por galho para as duas áreas foi igual a zero e o número máximo foi de 56 orifícios para a Piraoca e de 58 para o Muretá. Para o número de orifícios cumulativos, não houve diferença significativa entre as duas áreas quanto à média mensal cumulativa do número de orifícios ($F_{(1, 56)} = 3,17$, $P = 0,08$), no entanto, houve diferença entre os meses ($F_{(11, 616)} = 93,01$, $P < 0,0001$), o efeito da interação mês x área não foi significativo ($F_{(11, 616)} = 0,44$, $P = 0,59$) (Figura 4).

O maior número de novos orifícios que contabilizamos em um só mês foi entre junho e julho, sendo 154 na Piraoca e 80 no Muretá. Para o número não cumulativos de orifícios não houve diferença entre as áreas em relação ao número médio de orifícios deixados por *H. obscurus* em cada mês ($F_{(1, 56)} = 2,51$, $P = 0,12$). No entanto, houve diferença significativa entre os meses ($F_{(10, 560)} = 12,41$, $P < 0,0001$). Importante notar que o efeito da interação área x mês também foi significativo ($F_{(10, 560)} = 2,09$, $P = 0,03$), o que mostra que o efeito variou dependendo do mês analisado (Figura 5).

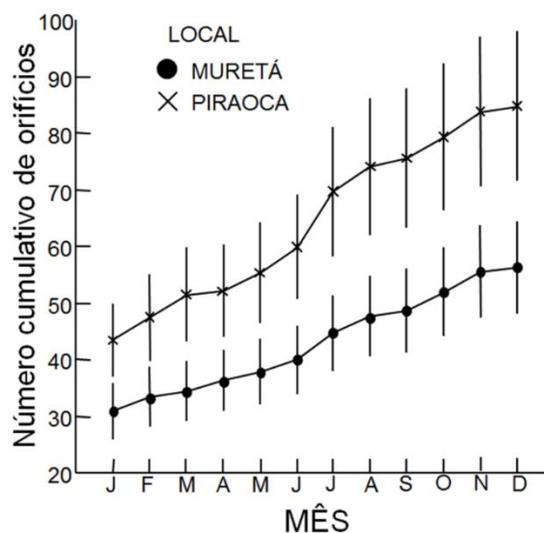


Figura 4. Número cumulativo de orifícios escavados por *H. obscurus* em galhos do cajueiro (*A. occidentale*) em duas áreas de estudo (Piraoca e Muretá) localizadas em Alter-do-Chão, PA, entre os meses de janeiro a dezembro de 2014. Dados representados pela média \pm EP a fim de facilitar a visualização. N = 29 cajueiros em cada área, sendo 10 galhos por cajueiro.

A porcentagem inicial de galhos perfurados por *H. obscurus* foi de 52% na Piraoca e de 60% no Muretá. Ao final do experimento, estes valores alcançaram 89% e 75%, respectivamente. Uma proporção maior de galhos estava infestada por *H. obscurus* na Piraoca do que no Muretá ($F_{(1, 56)} = 10,55$, $P < 0,01$). Também houve diferença entre os meses (Mês: $F_{(11, 616)} = 25,3$ $P < 0,0001$), mas não houve interação significativa entre mês x área de estudo ($F_{(11, 616)} = 0,09$, $P = 0,99$) (Figura 6). Quanto ao padrão de distribuição dos orifícios de *H. obscurus* ao longo das secções de 50 cm marcadas nos dez galhos selecionados em cada cajueiro, houve um maior número de orifícios de entrada de *H. obscurus* acumulados nas subsecções de 10 e 30 cm no Muretá e nas subsecções de 10 e 20 cm na Piraoca (Figura 7).

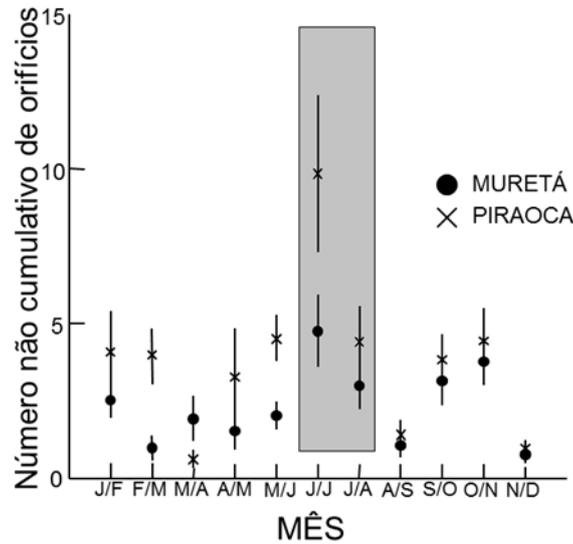


Figura 5. Número de orifícios escavados por *H. obscurus* em galhos do cajueiro (*A. occidentale*), em meses subsequentes, em duas áreas de estudo (Piraoca e Muretá) localizadas em Alter-do-Chão, PA, entre os meses de janeiro e dezembro de 2014. Dados representados pela média \pm EP a fim de facilitar a visualização. Os meses de pico de frutificação de *P. plagiophyllus* estão hachurados com o retângulo cinza. N = 29 cajueiros em cada área, sendo 10 galhos por cajueiro.

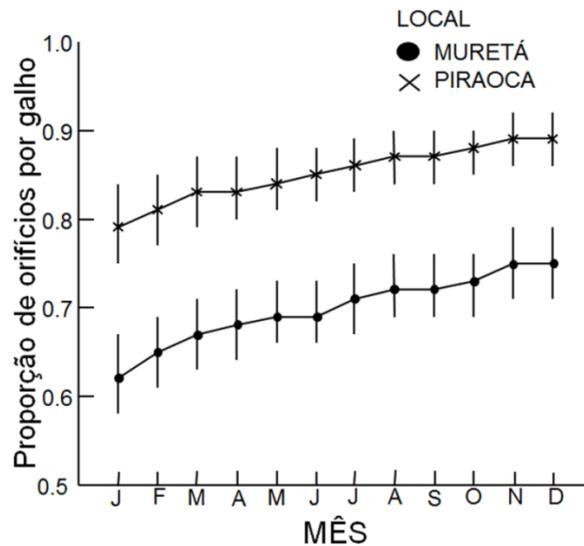


Figura 6. Proporção cumulativa de galhos do cajueiro (*A. occidentale*) com orifícios escavados por *H. obscurus* em duas áreas de estudo (Piraoca e Muretá) localizadas em Alter-do-Chão, PA, entre os meses de janeiro e dezembro de 2014. Dados representados pela média \pm EP a fim de facilitar a visualização. N = 29 cajueiros em cada área, sendo 10 galhos por cajueiro.

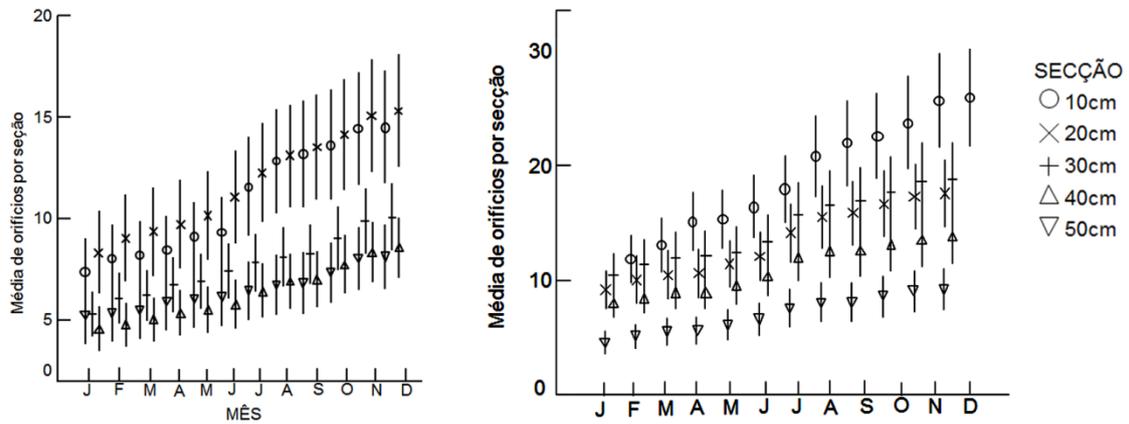


Figura 7. Número cumulativo de orifícios escavados por *H. obscurus*, distribuídos ao longo de 50 cm marcados nos galhos de *A. occidentale* nas áreas de estudo (Muretá e Piraoca, respectivamente), localizadas em Alter-do-Chão, PA, entre os meses de janeiro e dezembro de 2014. Dados representados pela média \pm EP a fim de facilitar a visualização. N = 29 cajueiros em cada área, sendo 10 galhos por cajueiro.

3.2. Abundância de *H. obscurus* nas áreas de estudo

Foram capturados 419 indivíduos, 244 no Muretá e 175 na Piraoca. A coleta realizada em julho obteve o maior número de capturas (170), com grande semelhança entre o Muretá (83 indivíduos) e a Piraoca (87 indivíduos). Em média, foram coletados mensalmente 13,8 indivíduos a mais no Muretá do que na Piraoca e essa diferença foi significativa (teste t pareado para dados transformados em log: $t = 3,15$, $P = 0,03$) (Figura 8).

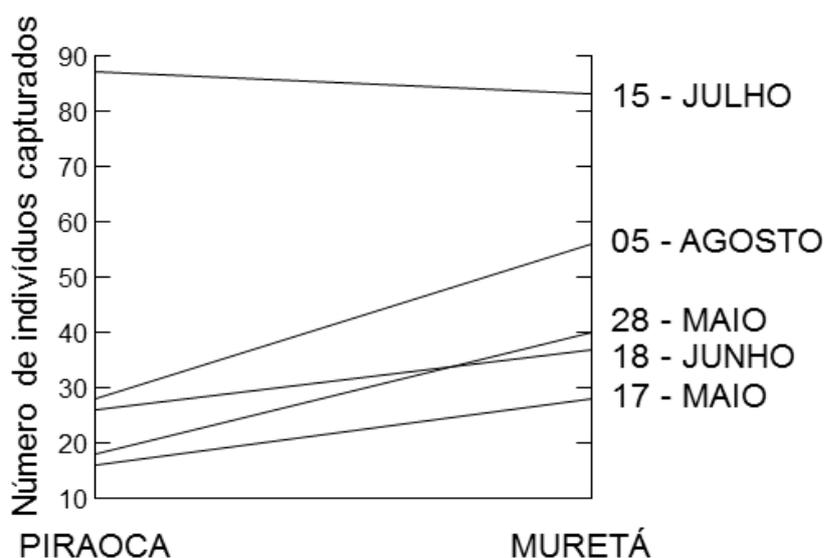


Figura 8. Número de indivíduos da espécie *H. obscurus* capturados em armadilhas de impacto, modelo ESALQ-84, distribuídas ao longo das áreas de estudo (Piraoca e Muretá), localizadas em Alter-do-Chão, PA, entre os meses de maio e agosto.

3.3. Determinantes da infestação

Os dados que descrevem as características dos cajueiros e do entorno estão apresentados na Tabela 1. Não houve diferença significativa no número de orifícios acumulados por cajueiro entre as áreas ($F_{(1, 54)} = 0,10$, $P = 0,74$). O número de árvores na vizinhança dos cajueiros também não influenciou na intensidade de infestação ($\text{Log}(\text{vizinhança})$: $F_{(1, 54)} = 0,65$, $P = 0,42$). Apenas a altura teve um importante efeito na intensidade de infestação ($\text{Log}(\text{altura})$: $F_{(1, 54)} = 5,8$, $P = 0,02$), sendo que o número de orifícios aumentou exponencialmente nas árvores de menor altura. O modelo, no entanto, como um todo, possuiu um baixo poder de explicação ($R^2 = 0,15$). A correlação entre o número de orifícios em janeiro e o número de novos orifícios entre janeiro e dezembro de 2014 foi positiva e altamente significativa ($\rho = 0,74$, $p < 0,0001$). Esses resultados indicam que os besouros não

apenas colonizam mais intensamente as árvores menores, como também permanecem nelas, reinfestando-as ao longo do ano.

Quarenta e seis dos 58 cajueiros exsudaram a goma bruta, com o máximo de 18,81 g na Piraoca e 84,91g no Muretá. Iniciamos com um modelo prevendo interação entre a área de estudo e a produtividade de goma. No entanto, esse efeito não foi significativo (área x log (produtividade de goma): $F_{(1, 36)} = 0,98$, $P = 0,33$). Assim, excluímos o termo de interação do modelo.

Tabela 1. Dados dos cajueiros e entorno nas duas áreas de estudo, Piraoca e Muretá, situadas em Alter-do-Chão, Santarém, PA, Brasil. Letras sobrescritas diferentes representam diferenças significativas ($P < 0,05$).

Área de estudo	Diâmetro à altura do solo (cm)	Altura (m)	Número de árvores vizinhas (raio = 10m)	Produção de goma (g)
Piraoca	(16,9±7) ^a	(4,74±1,6) ^a	(25,4±11,0) ^a	(4,21±6,26) ^a
Muretá	(23,4±7,7) ^b	(5,27±0,74) ^b	(13,6±5,88) ^b	(10,8±16,0) ^b

3.4. Predação das sementes

Um total de 1.912 das 2000 sementes foram encontradas *in situ*, 1.027 estavam mortas (cor marrom) e 885 estavam vivas (cor verde). Nenhuma semente havia germinado até a checagem. Foram encontrados *H. obscurus* em 109 sementes (24 na Piraoca e 85 no Muretá), além de outras 73 sementes (12 na Piraoca e 61 no Muretá) com galerias abandonadas, características do besouro broqueador. Também foram encontradas larvas de uma espécie de mosca não identificada em 24 sementes (2 na Piraoca e 22 no Muretá). Em média, foram encontrados $1,47 \pm 0,88$ besouros em cada semente predada, entre larvas, jovens e adultos.

Considerando a exsudação de goma pelos cajueiros, a quantidade de goma por hospedeiro não influenciou na predação das sementes ($F_{(1, 37)} = 2,63$, $P = 0,11$), enquanto a área de estudo teve um efeito significativo ($F_{(1, 37)} = 17,1$, $P = 0,0001$), com quase quatro vezes mais sementes predadas, em média, no Muretá do que na Piraoca (Figura 9).

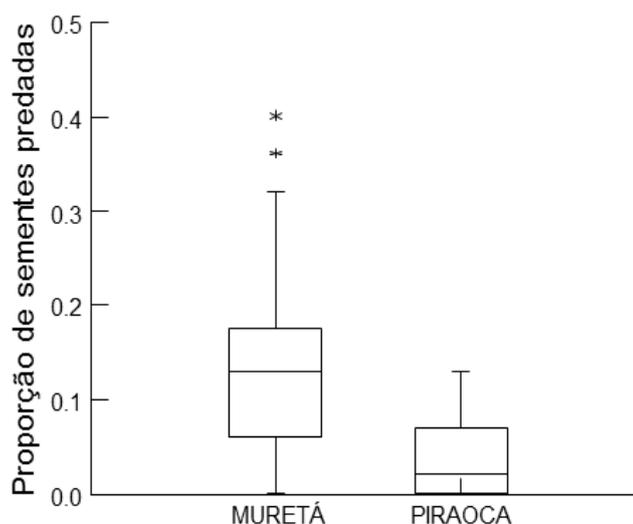


Figura 9. Proporção de sementes predadas nas duas áreas de estudo (Muretá e Piraoca) localizadas em Alter-do-Chão- PA.

4. DISCUSSÃO

4.1. Diferenças espaço-temporais na infestação por *H. obscurus*

Houve diferenças espaço-temporais quanto à infestação dos galhos de *A. occidentale* por *H. obscurus*. Apesar das similaridades na quantidade de orifícios nos galhos do cajueiro entre as áreas de estudo, a área da Serra da Piraoca se destacou pela maior prevalência de ataque dos escolitíneos, o que pode estar relacionado às deficiências nutricionais dos hospedeiros e a menor altura destes. A diferença na intensidade de orifícios também variou bastante entre os meses.

De acordo com Rocha *et al.* (2011) as populações de escolitíneos se distribuem espacialmente no ambiente de acordo com seu período de reprodução, quando realizam vôos e colonizam novos hospedeiros. A variação na quantidade de orifícios ao longo do ano reflete a flutuação populacional de *H. obscurus*, com um pico de infestação acentuado entre os meses de junho e julho, coincidindo com fase de transição da estação mais chuvosa para a menos chuvosa na região do estudo. As variáveis climáticas constituem-se fatores determinantes da dispersão e, por conseguinte da flutuação populacional desses coleópteros (Schiebe 2011), influenciando a reprodução, desenvolvimento embrionário, pós-embrionário e migração aos hospedeiros para fins de pouso, além de defesa e alimentação (Raffa *et al.* 2008, Azeredo *et al.* 2011).

Em levantamento e flutuação populacional de escolitíneos em um plantio de seringueira no Mato Grosso, Dall'Oglio & Filho (1997) verificaram que *H. obscurus* apresentou pico populacional nos meses de julho a novembro, não correlacionado com dados meteorológicos. No entanto, Rocha *et al.* (2011) constataram que a maioria das espécies ocorreu com picos populacionais no período de estiagem, provavelmente em função de maior abundância de material disponível e de hospedeiros estressados. A maior densidade de orifícios de *H. obscurus* nos meses de junho e julho também coincidiu com o pico de frutificação de *P. plagiophyllus* (Reis 2009). Uma possibilidade é de que *H. obscurus* seja capaz de sincronizar seu ciclo de vida à produção de sementes da erva-de-passarinho. No entanto, essa hipótese merece maior investigação futura, especialmente devido ao fato de que *H. obscurus* ser uma espécie com hábitos alimentares generalistas (Wood 2007).

Considerando o padrão de distribuição dos orifícios nas cinco subsecções marcadas nos galhos, o ataque dos besouros em galhos finos se concentrou nas partes mais distais e recentemente diferenciadas. Isto pode ser explicado pelo fato de que partes da árvore em que

a casca é mais fina, tais como os galhos, geralmente liberam voláteis durante exposição ao sol (Schiebe 2011). Os escolitíneos, então, são atraídos por esses compostos e se estabelecem nas partes apicais de seus hospedeiros (Burgos-Solorio & Martínez 2007), o que pode influenciar na predação das sementes, já que as aves dispersoras empoleiram e depositam as sementes regurgitadas preferencialmente em galhos mais finos.

4.2. Abundância de *H. obscurus* nas áreas de estudo

Apesar do sítio da Piraoca apresentar maior prevalência na infestação dos galhos de *A. occidentale*, o resultado obtido com as armadilhas de impacto foi exatamente o oposto, na área do Muretá, houve maior abundância de captura de *H. obscurus*, apesar dos cajueiros desta área terem sido menos atacados pelas coleobrocas. Segundo Schiebe (2011) os besouros podem pousar em um grande número de árvores sem atacá-las, e vivendo livres no ambiente podem ser capturados com armadilhas de pouso passivo. A intensidade do ataque em uma árvore é iniciada a partir da escolha do hospedeiro pelo besouro feita ainda durante o voo, seguida de uma decisão pós-pouso, onde provavelmente os coleópteros respondem a estímulos gustativos na casca do hospedeiro e dependendo da sua composição química, tomam a decisão de entrar no hospedeiro através de perfuração ou abandoná-lo se o considerar inadequado (Raffa & Berryman 1979). A química da árvore, presente em indivíduos saudáveis, desencoraja alguns besouros a perfurá-las, representando uma forma de resistência do hospedeiro, transformando-o em um ambiente desfavorável para o besouro broqueador (Raffa *et al.*, 1993). Provavelmente os cajueiros presentes na área do Muretá utilizam desses artifícios como forma de proteção contra o ataque de *H. obscurus*, isto pode explicar o fato de maior captura de besouros pelas armadilhas de impacto nesta área e contrariamente menor intensidade de ataques pelos besouros nos galhos das árvores.

4.3. Determinantes da infestação de *A. occidentale*

Hypothenemus obscurus atacou mais intensivamente as árvores menores, provavelmente porque elas apresentam piores defesas do que as árvores maiores, especialmente em relação às defesas constitutivas, tais como o fluxo de resina, que aumenta com o diâmetro da árvore (Boone *et al.* 2011). Apesar das elevadas taxas de pouso em árvores grandes, muitas vezes os besouros broqueadores não as penetram porque não são capazes de ultrapassar a sua resistência (Byers 1995). Outra possibilidade é de que a altura das árvores menores é próxima da altura de voo de algumas espécies de escolitídeos, que provavelmente está associada ao local de alimentação e desenvolvimento, que apesar da amplitude de voo ser grande, essas espécies voam preferencialmente a até 1,5 m do solo (Flechtmann *et al.* 1995).

Diversas espécies de aves preferem empoleirar e, conseqüentemente, depositam sementes de ervas-de-passarinho em árvores maiores (Aukema *et al.* 2002, Arruda & Carvalho 2004, Mathiasen *et al.* 2008), o mesmo acontece com nosso sistema de estudo, onde cajueiros maiores possuem maior chance de receber sementes de *P. plagiophyllus* (Fadini *et al.* 2009). O fato de que *H. obscurus* prefere árvores menores, ao contrário do padrão de deposição de sementes de *P. plagiophyllus* pelos dispersores, pode contribuir para a redução da predação de sementes desta espécie, sendo uma coincidência fortuita para a erva-de-passarinho.

4.4. Predação de sementes

Em nossos resultados não encontramos interação entre a área de estudo e a produtividade de goma, e ao contrário do que esperávamos a quantidade de goma por hospedeiro não influenciou na predação de sementes de *P. plagiophyllus*, provavelmente

porque a coleta da goma foi realizada uma única vez durante todo o ano, somente em outubro (cume do verão), não refletindo, deste modo, o potencial de produção de cada hospedeiro, pois períodos secos definidos como ocorre em nossa região, determinam forte evaporação causando deficiência fisiológica na planta, diminuindo deste modo, a produção de exsudados, neste período também ocorre as fenofases de brotamento e frutificação do cajueiro (Miranda 1995), deste modo, a planta aloca mais recursos para a produção de folhas e amadurecimento dos frutos, do que para a sua defesa, podendo este ser um dos motivos da pequena quantidade de material coletado e de não termos encontrado relação entre a produção de goma com a defesa das sementes da erva-de-passarinho.

Como a exsudação de goma pelo hospedeiro foi verificada somente uma única vez ao longo do ano, e esta amostragem não demonstrou relação com a proteção das sementes de *P. plagiophyllus* depositadas em seus galhos. Deste modo, nossos resultados contradizem com nossa hipótese de que a especialização local desta erva-de-passarinho é devido ao espaço livre de inimigos proporcionado pelo mecanismo de defesa do hospedeiro. Ainda assim, essa hipótese deve ser considerada, pois apesar dos nossos resultados não terem encontrado relação entre predação da semente e produção de goma, o número de sementes predadas não atingiu 10% do total, sendo esta uma pequena quantidade de sementes predadas.

Observamos que houve maior predação de sementes de *P. plagiophyllus*, na área do Muretá, local em que houve maior captura de insetos nas armadilhas e, no entanto menor intensidade de infestação nos galhos. Isso sugere que os besouros possam preda as sementes sem ter que perfurar os galhos do hospedeiro. O mesmo ocorre com a noz de macadâmia, em que as fêmeas de *H. obscurus* perfuram a noz somente a partir da coroa ou

cálice floral, em função da textura externa lisa e dura do endocarpo que não permite o apoio e fricção do inseto, impedindo-os de penetrar lateralmente (Constantino *et al.* 2011).

Novos experimentos são necessários para avaliar esta hipótese, mas o que podemos concluir até agora é que os besouros podem atacar as sementes sem ter que entrar no galho e, se isso for verdade, nossa hipótese (Fadini *et al.* 2014) precisa ser reavaliada.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos ajudantes de campo: Laudeco, Edivaldo e Walter. Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia e a CAPES pela bolsa concedida à primeira autora. Também agradecemos a Carlos Flechtmann pela assistência na identificação do besouro e a Fabrício Golobovante por produzir o mapa das áreas de estudo.

5. LITERATURA CITADA

ARRUDA, R. & CARVALHO, L. N. 2004. Especificidade de hospedeiros por *Struthanthus polyanthus* (Loranthaceae) em uma área de cerrado do Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, GO, Brasil. *BioScience J.* 20:211–214.

ARRUDA, R., CARVALHO, L. N. & DEL-CLARO, K. 2006. Host specificity of a Brazilian mistletoe, *Struthanthus* aff. *polyanthus* (Loranthaceae), in cerrado tropical savanna. *Flora* 201:127–134.

ARRUDA, R., FADINI, R. F., CARVALHO, L. N., DEL-CLARO, K., MOURÃO, F. A., JACOBI, M., TEODORO, G. S., BERG, E. VAN DEN, CAIRES, C. S. & DETTKE, G. A. 2012. Ecology of neotropical mistletoes: an important canopy-dwelling component of Brazilian ecosystems. *Acta Botanica Brasilica* 26:264–274.

AUKEMA, J. 2003. Vectors, viscin, and Viscaceae: mistletoes as parasites, mutualists, and resources. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1:212–219.

AUKEMA, J. E., MARTÍNEZ DEL RIO, C. 2002. Where does a fruit-eating bird deposit mistletoe seeds? Seed deposition patterns and an experiment. *Ecology* 83:3489–3496.

AUKEMA, J. & MARTÍNEZ DEL RIO, C. 2002. Variation in mistletoe seed deposition: effects of intra- and interspecific host characteristics. *Ecography* 2:139–144.

AZEREDO, E. H., CARVALHO, A. G. & CASSINO, P. C. R. 2011. Coleopterofauna xilófaga: interação entre dinâmica populacional de famílias e plantas hospedeiras no município de Pinheiral, Rio de Janeiro. *Revista de Ciência vida* 31:105–114.

BDMEP-Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa. Disponível em:<www.inmet.gov.br>acesso em: 23/02/2015.

BEARDSLEY, J. W. 1980. *Hypothenemus obscurus* (Fabricius) (Coleoptera: Scolytidae), a new pest of macadamia nuts in Hawaii. *Hawaiian Entomological Society* 30:147–150.

BENTZ, B. J. 2006. Mountain pine beetle population sampling: inferences from Lindgren pheromone traps and tree emergence cages. *Canadian Journal of Forest Research* 36:351–360.

BERDEGUE, M., TRUMBLE, J., HARE, D. & REDAK, R. A. 1996. Is it enemy-free space? The evidence for terrestrial insects and freshwater arthropods. *Ecological Entomology* 21:203–217.

BERTI FILHO, E. & FLECHTMANN, C. A. H. 1986. A model of ethanol trap to collect scolytidae and platypodidae (Insecta, Coleoptera). *IPEF*:53–56.

- BOONE, C. K., AUKEMA, B. H., BOHLMANN, J., CARROLL, A. L. & RAFFA, K. F. 2011. Efficacy of tree defense physiology varies with bark beetle population density: a basis for positive feedback in eruptive species. *Canadian Journal of Forest Research* 41:1174–1188.
- BRADLEY, T. & TUELLER, P. 2001. Effects of fire on bark beetle presence on Jeffrey pine in the Lake Tahoe Basin. *Forest Ecology and Management* 142:205–214.
- BURGOS-SOLORIO, A. & MARTÍNEZ, A. E. 2007. Platypodidae y Scolytidae (Coleoptera) de Jalisco, México. *Dusegiana* 14:59–82.
- BYERS, J. A. 1995. Host-tree chemistry affecting colonization in bark beetles. in R.T. Cardé and W.J. Bell (eds.). *Chemical Ecology of Insects*.
- CHARARAS, C., REVOLON, C., FEINBERG, M. & DUCAUZE, C. 1982. Preference of certain scolytidae for different conifers. *Journal of Chemical Ecology* 8:1093–1109.
- CHRISTIANSEN, E., WARING, R. H. & BERRYMAN, A. A. 1987. Resistance of conifers to bark beetle attack: searching for general relationships. *Forest Ecology and Management* 22: 89-106
- CONSTANTINO, L. M., NAVARRO, L., BERRIO, A., ACEVEDO, F. E., RUBIO, D. & BENAVIDES, P. 2011. Aspectos biológicos, morfológicos y genéticos de *Hypothenemus obscurus* e *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Revista Colombiana de Entomología* 37:173–182.
- DALL'OGGIO, O. T. & FILHO, O. P. 1997. Levantamento e flutuação populacional de coleobrocas em plantios homogêneos de seringueira em Itiquira - MT. *Scientia Forestalis*:49–58.
- DAMON, A. 2000. A review of the biology and control of the coffee berry borer , *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Bulletin of Entomological Research* 90:453–465.
- DELATE, K. M., ARMSTRONG, J. W. & JONES, V. P. 1994. Postharvest control treatments for *Hypothenemus obscurus* (F.)(Coleoptera: Scolytidae) in Macadamia Nuts. *Journal of Economic Entomology* 87:120-126
- DEVKOTA, M. P. 2005. Biology of mistletoes and their status in Nepal Himalaya. *Himalayan Journal of Sciences* 3:85–88.
- FADINI, R. F. 2011. Non-overlap of hosts used by three congeneric and sympatric loranthaceous mistletoe species in an Amazonian savanna: host generalization to extreme specialization. *Acta Botanica Brasilica* 25:337–345.
- FADINI, R. F., GONÇALVES, D. C. M. & REIS, R. P. F. 2009. Consistency in seed-deposition patterns and the distribution of mistletoes among its host trees in an Amazonian savanna. *Australian Journal of Botany* 57:640–646.

FADINI, R. F. & LIMA, A. P. 2012. Fire and host abundance as determinants of the distribution of three congener and sympatric mistletoes in an Amazonian Savanna. *Biotropica* 44:27–34.

FADINI, R. F., MELLADO, A. & GHIZONI, L. P. 2014. A host creates an enemy-free space for mistletoes by reducing seed predation caused by a woodboring beetle: a hypothesis. *Biotropica* 46:260–263.

FLECHTMANN, C. A. H., COUTO, H. T. Z., GASPARETO, C. L. & BERTI FILHO, E. 1995. Scolytidae em reflorestamento com pinheiros tropicais. Piracicaba, *IPEF* 4:1-200.

FRANCESCHI, V. R., KROKENE, P., CHRISTIANSEN, E. & KREKLING, T. 2005. Anatomical and chemical defenses of conifer bark against bark beetles and other pests. *The New Phytologist* 167:353–75.

GEILS, B. W., TOVAR, J. C. & MOODY, B. 2002. Mistletoes of North American Conifers. *Forest Service, U.S. Department of Agriculture, U.S.A.* Rocky Mountain Research Station. 123 p.

JANZEN, D. H. 1980. Specificity of seed-attacking beetles in a Costa Rican deciduous forest. *Journal of Ecology* 68:929–952.

JEFFRIES, M. J. & LAWTON, J. H. 1984. Enemy free space and the structure of ecological communities. *Biological Journal of the Linnean Society* 23:269–286.

KUIJT, J. 2009. Monograph oh *Psittacanthus* (Loranthaceae). *Systematic Botany Monographs* 86:1–361.

LAWRENCE, M. A. 2013. ez: Easy analisis and visualization of factorial experiments. R package version 4:2-2. <<http://CRAN.R-project.org/package=ez>.

LIMA, R. DA S. N., LIMA, J. R., MOREIRA, R. DE A., BANDEIRA, C.T. 2002. Utilização tecnológica da resina exsudada de cajueiro. Pp 9-14 in Anima.V1., Fortaleza, Faculdade Integrada do Ceará, -FIC.

MAGNUSSON, W. E., LIMA, A. P., ALBERNAZ, A. N. A. L. K. M., SANAIOTTI, T. M., GUILLAUMET, J., KUNTH, B. L., RADLK, M. & MART, Q. 2008.

Composição florística e cobertura vegetal das savanas na região de Alter do Chão , Santarém – PA. *Revista Brasileira de Botânica* 31:165–177.

MARQUES, M. R., ALBUQUERQUE, L. M. B. & XAVIER-FILHO, J. 1992. Antimicrobial and insecticidal activities of cashew tree gum exudate. *Annals of Applied Biology* 121:371–377.

- MARTÍNEZ DEL RIO, C., SILVA, A., MEDEL, R. & HOURDEQUIN, M. 1996. Seed dispersers as disease vectors: bird transmission of mistletoe seeds to plant hosts. *Ecology* 77:912–921.
- MATHIASSEN, R. L., SHAW, D. C., NICKRENT, D. L. & WATSON, D. M. 2008. Mistletoes: Pathology, Systematic, Ecology, and Management. *The American Phytopathological Society* 92:998–1006.
- MEDEL, R. 2000. Assessment of parasite-mediated selection in a host-parasite system in plants. *Ecology* 81:1554–1564.
- MEDEL, R., BOTTO-MAHAN, C., SMITH-RAMIÍREZ, C., MÉNDEZ, M. A., OSSA, C. G., CAPUTO, L. & GONZÁLES, W. L. 2002. Historia natural cuantitativa de una relación parásito-hospedeiro: el sistema *Tristerix* cactáceas em Chile semiárido. *Revista Chilena* 75:127–140.
- MELO, Q. M. S. 2002. Frutas do Brasil: Caju. Fitossanidade. Brasília: Embrapa Informação tecnológica 26: 62p.
- MIRANDA, I. S. 1993. Estrutura do estrato arbóreo do cerrado amazônico em Alter-do-Chão, Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 16:143–150.
- MIRANDA, I. S. 1995. Fenologia do estrato arbóreo de uma comunidade de cerrado em Alter-do-Chão. *Revista Brasileira de Botânica* 18:235–240.
- MIRANDA, R. L. 2009. Cashew tree bark secretion - perspectives for its use in protein isolation strategies. *Open Glycoscience* 2:16–19.
- NICKRENT, D. L. 2011. Santalales (Including Mistletoes). *Encyclopedia of Life Sciences (ELS)*. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK.1-6.
- NORTON, D. A & CARPENTER, M. A. 1998. Mistletoes as parasites: host specificity and speciation. *Trends in Ecology & Evolution* 13:101–105.
- NORTON, D. A. & LADLEY, J. J. 1998. Establishment and early growth of *Alepis flavida* in relation to *Nothofagus solandri* branch size. *New Zealand Journal of Botany* 36:213–217.
- OKUBAMICHAEL, D. Y., GRIFFITHS, M. E. & WARD, D. 2011. Host specificity, nutrient and water dynamics of the mistletoe *Viscum rotundifolium* and its potential host species in the Kalahari of South Africa. *Journal of Arid Environments* 75:898–902.
- PHILLIPS, M. A & CROTEAU, R. B. 1999. Resin-based defenses in conifers. *Trends in Plant Science* 4:184–190.
- PRESS, M. C. & PHOENIX, G. K. 2005. Impacts of parasitic plants on natural communities. *New Phytologist* 166:737–751.

- RAFFA, K. F., AUKEMA, B. H., BENTZ, B. J., CARROLL, A. L., HICKE, J. A., TURNER, M. G. & ROMME, W. H. 2008. Cross-scale drivers of natural disturbances prone to anthropogenic amplification: the dynamics of bark beetle eruptions. *BioScience* 58:501.
- RAFFA, K. F. & BERRYMAN, A. A. 1979. Flight responses and host selection by bark beetles. *Department of Entomology* 213–233.
- RAFFA, K. F., PHILLIPS, T. W. & SALOM, S. M. 1993. Strategies and mechanisms of host colonization by bark beetles. *Academic Press Ltd.* 103–128.
- REIS, R. P. F. 2009. Aspectos morfológicos e fenológicos de três espécies de ervas-de-passarinho simpátricas do gênero *Psittacanthus* (Loranthaceae) na savana de Alter do Chão, Santarém-PA. Trabalho de conclusão de curso. *UFPA*. 23pp
- ROCHA, J. R. M. DA, DORVAL, A., PERES, O., SOUZA, M. D. DE & COSTA, R. B. DA. 2011. Análise da ocorrência de coleópteros em plantios de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em Cuiabá, MT. *Floresta e Ambiente* 18:343–352.
- SALLABANKS, R. & COURTNEY, S. P. 1992. Frugivory, seed predation, and insect-vertebrate interactions. *Annual Review of Entomology* 37:377–400.
- SARGENT, S. 1995. Seed fate in a tropical mistletoe: the importance of host twig size. *Functional Ecology* 9:197–204.
- SCALON, M. C., HARIDASAN, M. & FRANCO, A. C. 2013. A comparative study of aluminium and nutrient concentrations in mistletoes on aluminium-accumulating and non-accumulating hosts. *Plant biology* 15:851–7.
- SCHIEBE, C. 2011. Host choice mechanisms in tree killing bark beetles. *Agricultural Science* 3:1–43.
- SHEN, H., YE, W., HONG, L., HUANG, H., WANG, Z., DENG, X., YANG, Q. & XU, Z. 2006. Progress in parasitic plant biology: host selection and nutrient transfer. *Plant Biology* 8:175–185.
- STAMP, N. 2001. Enemy-free space via host plant chemistry and dispersion: assessing the influence of tri-trophic interactions. *Oecologia* 128:153–163.
- THOROGOOD, C. J. & HISCOCK, S. J. 2010. Compatibility interactions at the cellular level provide the basis for host specificity in the parasitic plant *Orobancha*. *New Phytologist* 186:571–575.
- WIKLUND, C. & FRIBERG, M. 2008. Enemy-free space and habitat-specific host specialization in a butterfly. *Oecologia* 157:287–94.
- WOOD, S. L. 2007. Bark and ambrosia beetles of South America (Coleoptera, Scolytidae). Brigham Young University, Provo. 900pp

YAN, Z. 1993. Germination and seed development of two mistletoes, *Amyema preissii* and *Lysiana exocarpii*: host specificity and mistletoe host compatibility. *Australian Journal of Ecology* 18:419–429.

6. ANEXO A- Normas da Revista *Journal of Tropical Ecology* a qual o artigo será submetido.

CAMBRIDGE

Instructions for Contributors

Journal of
Tropical Ecology



ISSN: 0266-4674

Potential contributors are advised that careful attention to the details below will greatly assist the Editor and thus speed the processing of their manuscripts. Poorly prepared manuscripts will be returned to authors.

Scope of the journal

Journal of Tropical Ecology publishes papers in the important and now established field of the ecology of tropical regions. Papers may deal with terrestrial, freshwater and strand/coastal tropical ecology, and both those devoted to the results of original research as well as those which form significant reviews will be considered. Papers normally should not exceed 6000 words of main text. Short Communications are acceptable: they should not exceed four printed pages in total length.

Manuscript Preparation

All manuscripts must be submitted online via the website:

<http://mc.manuscriptcentral.com/jte>

Detailed instructions for submitting your manuscript online can be found at the submission website by clicking on the 'Instructions and Forms' link in the top right of the screen; and then clicking on the 'Author Submission Instructions' icon on the following page.

The Editor will acknowledge receipt of the manuscript, provide it with a manuscript reference number and assign it to reviewers. The reference number of the manuscript should be quoted in all correspondence with Journal of Tropical Ecology Office and Publisher.

Submission of a manuscript implies that it has been approved in its final form by all the named authors, that it reports on unpublished work and that it has not been published or concurrently submitted for publication, in whole or in part, elsewhere. Papers are first inspected for suitability by the Editor or an editorial board member. Those suitable papers are then critically reviewed by usually two or three expert persons. On their advice the Editor provisionally accepts, or rejects, the paper. If acceptance is indicated the manuscript is usually returned to the author for revision. In some cases a resubmission is invited and on receipt of the new version, the paper may be sent to a third referee. If the author does not return the revised or resubmitted version within six months the paper will be classified as rejected. Final acceptance is made when the manuscript has been satisfactorily revised.

Language

All papers should be written in English, and spelling should generally follow The Concise Oxford Dictionary of Current English. Abstracts in other languages will be printed if the author so desires together with an abstract in English. All abstracts must be provided by the author.

Cambridge recommends that authors have their manuscripts checked by an English language native speaker before submission; this will ensure that submissions are judged at peer review exclusively on academic merit. We list a number of third-party services specialising in language editing and / or translation, and suggest that authors contact as appropriate. Use of any of these services is voluntary, and at the author's own expense. <http://journals.cambridge.org/action/stream?pageId=8728&level=2&menu=Authors&pageId=3608>

Preparation of the manuscript

Authors are strongly advised to consult a recent issue of the JTE to acquaint themselves with the general layout of articles. You can view a free sample issue of the journal at <http://journals.cambridge.org/trosample>.

Manuscripts should be prepared according to the following structure:

Page 1. *Title page*. This should contain (a) the full title, preferably of less than 20 words and usually containing the geographical location of the study; (b) a running title of not more than 48 letters and spaces; (c) a list of up to 10 key words, separated by commas, in alphabetical order suitable for international retrieval systems; (d) the full name of each author; (e) the name of the institution in which the work was carried out; and (f) the present email address of the author to whom PDF proofs should be sent.

Page 2. *Abstract*. This should be a single paragraph, in passive mode, no more than 200 words long, concise summary of the paper intelligible on its own in conjunction with the title, without abbreviations or references.

Page 3. *et seq.* The main body of the text may contain the following sections in the sequence indicated: (a) Introduction, (b) Methods, (c) Results, (d) Discussion, (e) Acknowledgements,

(f) Literature Cited, (g) Appendices, (h) Tables, (i) Legends to Figures. An extra section between (a) and (b) for Study Site or Study Species might be necessary.

Main headings should be in capital type and centred; sub-headings should be ranged left and in bold. A *Short Communication* has a title, abstract and keywords but no section headings until Acknowledgements and item Literature Cited.

Acknowledgements should be brief. *Notes* should be avoided if at all possible; any notes will be printed at the end of the paper and not as footnotes.

Tables (preferably in MS Word, they must not be submitted as images) should be provided either at the end of the manuscript or as separate files. Tables should be numbered consecutively with Arabic numerals and every table should be cited at least once in the text, in consecutive order.

Figures should be submitted as separate files in TIF or EPS format but captions to figures should be supplied on a separate sheet at the end of the main manuscript. All figures must be cited in consecutive order.

The page size should be set to A4 and the text should be in a font size of 12 or greater throughout. Double spacing must also be used throughout, allowing wide margins (about 3 cm) on all sides. Main text pages should be numbered.

Scientific names

The complete Latin name (genus, species and authority) must be given in full for every organism when first mentioned in the text unless a standard nomenclatural reference is available which can be cited. Authorities might alternatively appear in Tables where they are first used. Names of taxa at generic rank and below should be in italics.

Units of measurement

Measurements must be in metric units; if not, metric equivalents must also be given. The minus index (m-1, mm-3) should be used except where the unit is an object, e.g. 'per tree', not 'tree-1'). Use d-1, wk-1, mo-1 and y-1 for per day, per week, per month and per year.

Abbreviations

In general, abbreviations should be avoided. Numbers one to nine should be spelled out and number 10 onwards given in figures. Dates should follow the sequence day-month-year, e.g. 1January 1997. The 24-hour clock should be used, e.g. 16h15.

Appendix material

Unavoidably large tables or lists disrupt the flow and layout of the main text and are best included in appendices. Appendices are numbered consecutively with Arabic numerals and must be cited in numerical order in the text. Very large appendices may be published online only. In this case, the material is not copy edited or typeset but loaded directly as supplied by the authors (see below). All appendix material must conform to the journal style. Publication of appendix material remains at the discretion of the editor. Appendices are not normally included with short communications.

Literature cited

References to literature in the text should conform to the 'name-and-date' system. For example, direct citation as: Benzing (2000) or Moses & Semple (2011); or parenthetically (Holste *et al.*, 1981). If a number of references are cited at one place in the text, they should not be arranged chronologically, but alphabetically by first author, with single-author references before those with two authors, which in turn come before those with three or more authors, e.g. (Chan 2008, Dubois & Blanc 1999, Silva & Almeida 2011, Silva *et al.*, 2009, Williams 2003). In the reference list citations should take the forms given below. References with two or more authors should be arranged first alphabetically then chronologically. The names of cited journals should be given in full. Certain foreign language citations may be translated into English, and this should always be done where the English alphabet is not used (e.g. Chinese, Hindi, Thai).

BENZING, D. H. 2000. Bromeliaceae - profile of an adaptive radiation. Cambridge University Press, Cambridge. 690 pp.

HOLSTE, E. K., KOBE, R. K. & VRIESENDORP, C. F. 2011. Seedling growth responses to soil resources in the understory of a wet tropical forest. *Ecology* 92:1828-1838.

MOSES, K. & SEMPLE, S. 2011. Primary seed dispersal by the black-and-white ruffed lemur (*Varecia variegata*) in the Manombo forest, south-east Madagascar. *Journal of Tropical Ecology* 27:1-10.

ROHWER, S., BUTLER, L. K. & FROEHLICH, D. R. 2005. Ecology and demography of east- west differences in molt scheduling of Neotropical migrant passerines. Pp. 87-105 in Greenberg, R. & Marra, P. P. (eds.). *Birds of two worlds: the ecology and evolution of migration*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Use the following as contractions in text: 'pers. obs.', 'pers. comm.', 'unpubl. data', 'in press'. Authors should double-check that all references in the text correspond exactly to those in the Literature Cited section.

Tables and figures

Tables

Tables should be in a simple form, with one set of column and row headings per table. Tables in parts with different column headings are not acceptable. These should be split into two or more separate tables. Column headings should be brief, with units of measurement in parentheses. Vertical lines should not be used to separate columns. Avoid presenting tables that are too large to be printed across the page; table width must not exceed 80 characters, including spaces between words, figures and columns. Each table should be numbered consecutively with Arabic numerals. They can either be submitted as separate files (Microsoft Word) or appended to the main manuscript text file. Each table must be accompanied by a clear and concise caption. All tables and figures must be cited in the text.

Figures and Illustrations

Please ensure that your figures are saved at final publication size and are in our recommended file formats. Following these guidelines will result in high quality images being reproduced in both the print and the online versions of the Journal.

Authors should ensure that all figures, whether line drawings or photographs, clarify or reduce the length of the text. Figures should be submitted in TIF or EPS format at approximate final publication size. Resolution of artwork should be at the following minimum resolutions: line artwork (black & white), 1200 dpi; combination, i.e. line/tone (greyscale), 800 dpi; black-and-white halftone (greyscale), 300 dpi; and colour halftone, 300 dpi. Colour is only encouraged where its use adds materially to the comprehension of the figure. All colour images should be clear when reproduced in black-and-white if authors are not paying for colour in print. Comprehensive guidance on creating suitable electronic figures is available in the [Cambridge Journals Artwork Guide](#).

Please:

- ensure text figures, line drawings, computer-generated figures and graphs are of sufficient size and quality to allow for reduction;
- avoid the use of solid black infills or complex hatching;
- use halftone images where they make a real contribution to the text, and ensure they are of good quality at the intended final size with any required lettering or numbering inserted by the author;
- include figure legends and numbers on a separate page at the end of the body text of the manuscript; individual parts of a figure should be clearly labelled with lowercase letters consecutively from ‘a’ and referred to in the legend. Legends to multipart figures should open with a statement summarising the whole figure. The individual parts should then be itemised with the part labels in full parentheses AFTER each item. Legends to figures and tables should be informative, ideally allowing readers to comprehend what the figure/table represents without reference to the main text of the paper.
 - where possible put keys to symbols and lines in legends not on figures;
 - inform the Editorial Office at the earliest opportunity if you wish to use colour figures (we will ask authors to pay in advance for the use of colour, but we can advise on how this can be kept to a minimum if we know your plans). If you request colour figures in the printed version, you will be contacted by CCC-Rightslink who are acting on our behalf to collect Author Charges. Please follow their instructions in order to avoid any delay in the publication of your article.

Supplementary Material

There will normally be one of the following reasons for you to supply supplementary material to accompany the online version of your article:

- You wish to link to additional information which due to its nature does not lend itself to print media (examples- full data sets, moving-image or sound files etc.).
- The Editor of the journal has requested that you extract certain information from the original article in order to allow for space constraints of the print version.

N.B. Please note that no copyediting or quality assurance measures will be undertaken on supplementary material (other than to ensure that the file is intact). The authors therefore warrant that the supplementary material that they submit when the paper is accepted is in a suitable format for publication in this manner. The material shall be published online in exactly the form that it is supplied.

Please follow the following instructions to supply supplementary material to accompany the online version of your article:

- Each supplementary file must be supplied as a separate file. Do not supply this material as part of the file destined for publication in the print journal;

- Each supplementary file must have a clear title (e.g., S. Jones_supplementary_figure_1);
 - Provide a text summary for each file of no more than 50 words. The summary should describe the contents of the file. Descriptions of individual figures or tables should be provided if these items are submitted as separate files. If a group of figures is submitted together in one file, the description should indicate how many figures are contained within the file and provide a general description of what the figures collectively show;
 - The file type and file size in parentheses;
 - Ensure that each piece of supplementary material is clearly referred to at least once in the print version of the paper at an appropriate point in the text, and is also listed at the end of the paper.

Format and file size

- File sizes should be as small as possible in order to ensure that users can download them quickly, particularly the main text;
 - Avoid generic file names such as ‘manuscript’ or ‘text’; instead use author names or subject topic to reduce the likelihood of duplication with other submissions;
 - Images should be a maximum size of 640 × 480 pixels at a resolution of 72 pixels per inch;
 - Authors should limit the number of files to under ten, with a total size not normally exceeding 3 MB. Sound/movie files may be up to 10 MB per file; colour images may be up to 5 MB per file; all other general file types may be up to 2 MB per file but most files should be much smaller;
 - We accept files in any of the following formats (if in doubt please enquire first): MS Word document (.doc), Plain ASCII text (.txt), Rich Text Format (.rtf), WordPerfect document (.wpd), HTML document (.htm), MS Excel spreadsheet (.xls), GIF image (.gif), JPEG image (.jpg), TIFF image (.tif), MS PowerPoint slide (.ppt), QuickTime movie (.mov), Audio file (.wav), Audio file (.mp3), MPEG/MPG animation (.mpg).
- If your file sizes exceed these limits, or if you cannot submit in these formats, please seek advice from the editor/board member handling your manuscript.

Publication

Copyright

Authors of articles published in the journal assign copyright to Cambridge University Press (with certain rights reserved) and you will receive a copyright assignment form for signature on acceptance of your paper. Authors receiving requests for permission to reproduce their work should contact Cambridge University Press for advice. Papers are accepted on the understanding that the work has been submitted exclusively to the Journal of Tropical Ecology and has not been previously published elsewhere unless otherwise stated.

Proofs

Page proofs will be forwarded as PDF files by email to the corresponding author. It is the responsibility of the author to ensure that no errors are present. Authors will receive a PDF file of page proofs by email, and will be asked to return corrected proofs within 48 hours. Only essential corrections should be made and authors will be charged for excessive alterations at the proof stage. Once a proof has been returned only minor changes will be allowed. Authors should be aware that large numbers of changes may lead to the paper being

returned to reviewers for approval, delaying publication, in addition to incurring costs associated with making the changes. Errors remaining in these first proofs after the author has checked them are the author's responsibility. Any further editorial changes, apart from minor grammatical and syntactical improvements, will be communicated to the author before second proofs are prepared.

Offprints

The author (or main author) of an accepted paper will receive a free PDF of their paper upon publication. Authors will be offered the opportunity to order paper offprints by using the form supplied at proof stage.

Reprints

For all commercial reprint pricing details, please follow this [link](#) or contact special_sales@cambridge.org

Open Access Publication in *Journal of Tropical Ecology*

Cambridge Open Option allows authors the option to make their articles freely available to everyone, immediately on publication. This service reflects Cambridge's commitment to further the dissemination of published academic information.

The programme allows authors to make their article freely available in exchange for a one-off charge paid either by the authors themselves or by their associated funding body. This fee covers the costs associated with the publication process from peer review, through copyediting and typesetting, up to and including the hosting of the definitive version of the published article online. Payment of this one-off fee entitles permanent archiving both by Cambridge University Press and by the author; however, it also enables anyone else to view, search and download an article for personal and non-commercial use. The only condition for this is that the author and original source are properly acknowledged.

The Cambridge Open Option is only offered to authors upon acceptance of an article for publication and as such has no influence on the peer review or acceptance procedure. The paper will continue to be made available in both print and online versions, but will be made freely available to anyone with Internet links via our online platform, Cambridge Journals Online. In addition, such papers will have copyright assigned under a Creative Commons Attribution licence, which enables sharing and adaptation, providing attribution is given. All articles will continue to be handled in the normal manner with peer-review, professional production and online distribution in Cambridge Journals Online. Articles will also be included in the relevant Abstracting & Indexing services and in CrossRef, and can have supplementary content (text, video or audio) added to their online versions. Cambridge will also deposit the article in any relevant repositories on the author's behalf, where that is a condition of the funding body.

The Cambridge Open Option is now available to authors of articles in *Journal of Tropical Ecology* at the standard Cambridge rate of £1695/\$2700 per article. Requests to take up the Cambridge Open Option will be subject to approval by the Editors of the Journal.

For more information on Open Access and Cambridge Journals, please follow this [link](#).

Updated 5th September 2014