



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde

Departamento de Biologia Geral

Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas



**Brotamento assincrônico afeta a comunidade de insetos
galhadores em *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae)**

Renata Cristiane Ferreira Xavier

Montes Claros – Minas Gerais

2014

RENATA CRISTIANE FERREIRA XAVIER

**Brotamento assincrônico afeta a comunidade de insetos
galhadores em *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Montes Claros, como requisito parcial necessário para a obtenção do título de mestre em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. MARCÍLIO FAGUNDES

Montes Claros – Minas Gerais

2014

RENATA CRISTIANE FERREIRA XAVIER

**Brotamento assincrônico afeta a comunidade de insetos
galhadores em *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Montes Claros, como requisito parcial necessário para a obtenção do título de mestre em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. MARCÍLIO FAGUNDES

Data: _____ de _____ 2014

Orientador: _____

Dr. Marcílio Fagundes - UNIMONTES

Examinadores: _____

Dr. Ronaldo Reis Júnior – UNIMONTES

Dr. Germano Leão Demolin Leite – ICA / UFMG

Montes Claros – Minas Gerais

2014

A minha família

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida e pelas inúmeras vezes que me enxergou melhor do que sou.

Ao meu orientador, Marcílio Fagundes, pela oportunidade, dedicação, disponibilidade, paciência e clareza na orientação. Obrigada pelos ensinamentos e confiança.

Aos demais professores do PPGCB pelos ensinamentos, sugestões, ajuda e puxões de orelha. A Marina Beirão, Janete Silva e Marcia Martins pelo incentivo.

À turma do Laboratório de Biologia da Conservação (Letícia, Vanessa, Kenedy, Matheus) pelo companheirismo, colaboração, apoio e ajuda. Em especial a Hellen, Camis que perderam seus dias de folga (Natal e Reveillon) para me acompanhar no campo. Aos amigos dos demais laboratórios, aos colegas e amigos da graduação e da pós, por tudo que compartilhamos nestes anos. Obrigada pelo companheirismo.

Aos meus pais (Dimas e Milva) pelo amor incondicional, carinho, amizade, por compartilhar as horas de desconcentração e por vibrarem a cada conquista. Aos meus irmãos (Rodrigo, Fernanda e Daniel), a Luisa, Sabrina e Vinícius. A toda a minha família (os Ferreira e os Xavier), aos meus eternos amigos e companheiros de infância (Kendson, Fabrícia, Nanda Moura, Nanda Costa, Tássio, Dani, etc.), a dona Zizi e família, a todos que, mesmo distante, foram essenciais nesta etapa. Obrigada por tudo.

Agradeço especialmente a William, Alessandra, João Vítor, Pedro Lucas e Mariana que me acolheram com muito carinho, não tenho palavras para expressar a imensa gratidão, obrigada pelo incentivo e apoio, sempre serei grata.

RESUMO

Os padrões de distribuição dos insetos galhadores nas plantas hospedeiras são fortemente dependentes da fenologia das mesmas. Este processo pode afetar a quantidade de recurso disponível tanto para o crescimento reprodutivo quanto para o vegetativo. Desse modo, a quantidade e a qualidade dos recursos alimentares determinam a ocorrência dos insetos galhadores. A espécie *Copaifera langsdorffii* (pau d'óleo) (FABACEAE), possui a mais rica fauna de insetos galhadores descrita para a região Neotropical, no entanto a relação da sincronização dos galhadores com a fenologia desta planta ainda não é bem conhecida. Diante disso, foi realizado um estudo em um fragmento de Cerrado sentido restrito, saída norte da cidade de Montes Claros – MG, para avaliar como a variação fenológica afeta a diversidade de insetos galhadores associados. Foram monitorados a cada dois dias, de agosto de 2012 a maio de 2013, 109 indivíduos de *C. langsdorffii*. Os indivíduos da população estudada apresentaram uma variação de 67 dias no tempo de brotamento, sugerindo assim uma variação fenológica assincrônica, padrão que pode estar relacionado com a variação climática local ou às diferenças no método de caracterização da fenologia das plantas em campo. Observou-se também que o tempo de brotamento afeta a biomassa de folíolos, o número de folíolos e o comprimento dos ramos e não afeta o desenvolvimento vegetativo e a produção de fenóis totais. A riqueza de galhas foi afetada pelo tempo de brotamento das plantas e a abundância de galhas foi afetada pelo tempo de brotamento, pela fenologia, pelo comprimento dos ramos e pelo número de folíolos. Os insetos galhadores sincronizaram sua emergência com o aparecimento dos órgãos alvo (folhas novas) das hospedeiras. Sendo assim, insetos galhadores associados são influenciados pela fenologia, justificando a maior abundância e riqueza de galhas em plantas com brotação precoce.

Palavras-chave: variação fenológica, sincronização, adaptação, formação de demes, alocação de recursos.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Variação temporal na emissão de folhas (brotamento) entre as plantas de *Copaifera langsdorffii* com diferentes investimentos reprodutivos..... 13
- Figura 2:** Biomassa de Folíolos (A), Número de Folíolos (B), Comprimento dos Ramos (C), Biomassa dos Ramos (D), Compostos Fenólicos (E) em função do tempo de brotamento das plantas de *Copaifera langsdorffii*..... 15
- Figura 3:** Relação entre a riqueza de galhas e o tempo de brotamento das plantas de *Copaifera langsdorffii* em uma área de Cerrado em Montes Claros – MG..... 18
- Figura 4:** Análise de Componentes Principais (PCA) mostrando as relações entre os morfotipos de galhas associadas à *Copaifera langsdorffii* e os dois primeiros eixos da análise..... 19
- Figura 5:** Abundância total de galhas do grupo G1 presentes em *Copaifera langsdorffii* em relação ao tempo de brotamento (A) e ao comprimento dos ramos (B)..... 20
- Figura 6:** Abundância total de galhas do grupo G2 em função do tempo de brotamento (A) e em função da biomassa total (ramos e folíolos) (B) em *Copaifera langsdorffii*..... 21
- Figura 7:** Abundância total de galhas do grupo G3 em função do tempo de brotamento e a fenologia de *Copaifera langsdorffii*..... 21
- Figura 8:** Abundância total de galhas do grupo G4 em função do tempo de brotamento (A) e número de folíolos (B) das plantas de *Copaifera langsdorffii*..... 22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Modelos mínimos adequados utilizados para avaliar o tempo de brotamento e o investimento e reprodutivo no desenvolvimento e produção de fenóis em <i>Copaifera langsdorffii</i> (n= 109)	14
Tabela 2: Modelos mínimos adequados utilizados para avaliar as respostas da fenologia de <i>Copaifera langsdorffii</i> sobre a riqueza e abundância de insetos galhadores associados em relação ao tempo de brotamento, biomassa total (ramos e folíolos), fenologia, número de folíolos, biomassa de folíolos, biomassa de ramos (n= 109)	17
Tabela 3: Análise de Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS), baseado na matriz binária.....	18

SUMÁRIO

Introdução	05
Material e Métodos	09
<i>Área de estudo</i>	09
<i>Trabalho de campo</i>	09
<i>Época de brotamento e Investimento Vegetativo e de Defesa</i>	10
<i>Riqueza e Abundância de Galhas</i>	11
Resultados	13
<i>Brotamento Assincrônico e Investimento Reprodutivo</i>	13
<i>Brotamento Assincrônico vs Investimento Vegetativo e Produção de Fenóis</i>	14
<i>Brotamento Assincrônico e Ataque de Insetos Galhadores em Copaifera</i> <i>langsdorffii</i>	15
Discussão	22
Referências	27
Anexo 1	34

INTRODUÇÃO

A fenologia é o estudo da ocorrência de eventos biológicos repetitivos e das causas de sua ocorrência em função de fatores bióticos e abióticos (D'Eça-Neves e Morellato 2004). Geralmente a precipitação, a temperatura, o fotoperíodo e as interações com predadores e dispersores influenciam diretamente a fenologia das plantas, determinando a época de brotamento, floração, frutificação e queda das folhas (Larcher, 2000; Hamann, 2004). Contudo, muitas plantas apresentam eventos fenológicos assincrônicos entre e dentro das populações e as causas destas variações ainda são pouco conhecidas (Dahlgren *et al.* 2007).

A variação fenológica entre indivíduos de uma população de plantas afeta a quantidade e qualidade de recursos disponíveis para o crescimento vegetativo ou reprodutivo dos indivíduos (Ehrlén e Munzbergova 2009). Plantas com florescimento precoce podem não ter tempo para investir no crescimento vegetativo e acumular reservas suficientes para a formação dos frutos (Koptur *et al.* 2002; Elzinga *et al.* 2007). Por outro lado, indivíduos com florescimento tardio apresentarão maior desenvolvimento vegetativo e produzirão maior quantidade de frutos porque acumularão mais recursos durante a fase vegetativa prolongada (Koptur *et al.* 2002; Elzinga *et al.* 2007).

A sincronia ou assincronia dos eventos fenológicos também determina a qualidade e quantidade de recursos alimentares disponíveis para os consumidores (Yukawa, 2000). Por exemplo, a sincronia na produção de folhas novas em uma população de plantas aumenta a quantidade de recurso para os herbívoros. Assim, as plantas regulam a herbivoria através da saciação dos herbívoros (Van Schaik *et al.* 1993; Coley e Barone 1996). Por outro lado, a falta de sincronia entre indivíduos de

uma população de plantas produz manchas temporais de recursos, permitindo que muitos indivíduos escapem do ataque de herbívoros (Coley e Barone 1996). Os padrões de distribuição no tempo e no espaço de insetos herbívoros são fortemente dependentes das suas plantas hospedeiras (Novotny e Basset 2000; Lewinsohn *et al.* 2005; Novotny *et al.* 2006). Muitos herbívoros têm seu estágio larval sincronizado com o aparecimento de órgãos-alvo na planta. Portanto, a sincronização dos herbívoros com a fenologia da planta hospedeira é um evento crítico para os herbívoros, porque falha na sincronia afeta a qualidade e quantidade dos recursos alimentares disponíveis e, conseqüentemente, a abundância desses organismos (Yukawa, 2000; Yukawa e Akimoto 2006).

Os insetos herbívoros podem ser divididos em várias guildas alimentares (e.g. insetos galhadores, sugadores, mastigadores e predadores de sementes) com potencial para responderem de forma distinta a características da planta hospedeira (Neves *et al.* 2010; Fagundes e Fernandes 2011). Insetos herbívoros com hábito generalista são menos afetados pela fenologia das plantas, mas são dependentes de efeitos indiretos como variações na concentração de compostos de defesa em função da fenologia da planta (Fox *et al.* 1997). Por outro lado herbívoros com hábitos especialistas como os galhadores são dependentes de um determinado recurso da planta. Assim, a sincronização do seu ciclo de vida com o aparecimento do órgão-alvo das plantas é crucial para o sucesso destes herbívoros (Yukawa, 2000).

Os insetos indutores de galhas são herbívoros altamente especializados (Fernandes *et al.* 2012). Esta guilda de herbívoros é pouco afetada pelos compostos de defesa produzidos pelas plantas porque os insetos galhadores manipulam as plantas a seu favor (Shorthouse *et al.* 2005; Ramalho e Silva 2010). Assim, ao induzir a formação de galhas, os insetos galhadores conseguem maior proteção e fonte de alimento de alta

qualidade (Araújo *et al.* 2006). Contudo, diversos estudos mostram que algumas características da planta hospedeira como arquitetura (Neves *et al.* 2010), taxa de crescimento (Price, 1991; Price e McGeoch 2004), concentração de recurso (Root, 1973; Costa *et al.* 2014) e fenologia (Fagundes, 2014) podem afetar a preferência e performance dos insetos galhadores.

A fenologia da planta hospedeira afeta os insetos galhadores direta e indiretamente. De fato, a ocorrência de órgão alvo (e.g. gemas) é imprescindível para o sucesso dos galhadores, porque estes insetos ovipositam em tecidos meristemáticos indispensáveis para a formação das galhas (Fernandes, 1987; Harris, 2002; Yukawa, 2008). Variações temporais na ocorrência dos órgãos alvo afetam a qualidade dos tecidos da planta (Price, 1997; Ehrlén e Munzbergova 2009) e a performance dos insetos galhadores (Fernandes *et al.* 2000; Coyle *et al.* 2010). Por exemplo, plantas precoces geralmente apresentam maior desenvolvimento vegetativo porque possuem mais tempo para acumular reservas (Fox *et al.* 1997) e são mais atacadas por galhadores (Fox *et al.* 1997).

A natureza e a dinâmica dos tecidos meristemáticos em uma população de plantas gera uma janela temporal de vulnerabilidade na qual os insetos galhadores realizam a oviposição e apresentam maior performance. Contudo, a natureza desta janela, seja ela estreita (plantas sincrônicas) ou larga (plantas assincrônicas) afeta diretamente a performance dos galhadores (Bernays e Chapiman 1994; Marquis, 2012; Trigo *et al.* 2012), abrindo uma oportunidade para a especialização e formação de demes de galhadores entre plantas precoces e tardias (Edmunds e Alstad 1978; Mopper, 2005; Egan e Ott 2007; Yukawa, 2008).

Copaifera langsdorffii é uma espécie arbórea que apresenta a maior riqueza de insetos galhadores descrita (Costa *et al.* 2014; Fagundes, 2014). A espécie apresenta frutificação supra-anual e deciduidade completa. Contudo, variações fenológicas intrapopulacional da espécie ainda é pouco conhecida em ambientes sazonais. Neste estudo nós caracterizamos a variação fenológica intra-anual e a diversidade de galhas em uma população de *C. langsdorffii* no semi-árido mineiro testando as hipóteses: (i) plantas com enfolhamento precoce apresentam maior desenvolvimento vegetativo e maior concentração de compostos fenólicos totais, e (ii) plantas com enfolhamento precoce são mais atacadas por insetos galhadores.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido em um fragmento de cerrado sentido restrito (16° 40'26'' S e 43° 48'44'' W) localizado na saída norte da cidade de Montes Claros, norte do Estado de Minas Gerais, Brasil. A região encontra-se entre domínios do Cerrado e da Caatinga, apresenta clima semi-árido, com estações secas e chuvosas bem definidas. A temperatura média anual é de 23°C e a precipitação é aproximadamente 1.100 mm/ano, com verão quente e úmido e o inverno é frio e seco (Costa *et al.* 2011). O solo é distrófico apresentando árvores tortuosas de cascas grossas e folhas esclerófilas (Fagundes *et al.* 2013).

Trabalho de Campo

Durante o mês de março de 2012 foram marcados 109 indivíduos de *C. langsdorffii* na área de estudo. Estes indivíduos apresentavam de quatro a sete metros de altura e bom estado (copa abundante, ausência de lianas). Todas as plantas selecionadas para o estudo foram monitoradas a cada dois dias, de agosto de 2012 a maio de 2013, para determinação do período de emissão de folhas novas, flores e frutos, caracterizando assim a época exata do brotamento de cada planta. Estes indivíduos também foram divididos em três grupos de acordo com o investimento reprodutivo: (F1) indivíduos que não entraram em atividade reprodutiva; (F2) indivíduos que apresentaram flores e não frutificaram e (F3) indivíduos que apresentaram frutos.

Época de Brotamento e Investimento Vegetativo e de Defesa

Durante o mês de maio de 2013 (período que antecede a queda de folhas), foram coletados dez ramos terminais (30 cm de comprimento) de cada árvore para se avaliar o efeito da época de brotamento no investimento vegetativo das plantas. Os ramos foram coletados em pontos diferentes da copa da árvore para obter amostras de todo o indivíduo e evitar possíveis efeitos do microhabitat no desenvolvimento dos ramos. Os ramos foram levados ao Laboratório de Biologia da Conservação, onde foram analisados os parâmetros: biomassa dos folíolos, número de folíolos, biomassa dos ramos e crescimento dos ramos. A biomassa dos folíolos e ramos foi determinada com o auxílio de balança analítica após secagem de todo o material vegetal em estufa a 90°C durante 72 horas. O crescimento dos ramos foi determinado dividindo-se o comprimento dos ramos pelo seu número de nós.

Foi coletado um total de 50 folíolos por árvore para determinação da concentração de compostos fenólicos totais nos tecidos foliares. Essa quantificação foi realizada segundo metodologia proposta por Follin Ciocalteau e descrita por (Swain e Hillis 1959). Assim, foram preparadas amostras em tubos de ensaio com 3,5 mL de água destilada, aos quais foram acrescentados 500 µL do extrato (0,50 g de folhas moídas diluídos em 1 mL de metanol 50% deixados em descanso por 24 horas e depois centrifugados a 15000 RPM) e 250µL do reagente de Follin Ciocalteau. Após três minutos foram adicionados 500 µL de solução de carbonato de sódio (10%), e por fim 700 µL de água. Após uma hora as absorbâncias das soluções foram lidas em espectrofotômetro UV 2550 (Schmadzu) a 725nm, tendo como “branco” o metanol e todos os reagentes que foram utilizados, exceto o extrato. O teor de fenóis totais (FT) foi determinado por interpolação da absorbância das amostras e a curva de calibração. A

curva de calibração foi construída com a utilização do padrão ácido gálico (20, 30, 40, 60, 80µg/mL). A quantidade de compostos fenólicos foi expressa em mg de ácido gálico/g de matéria seca.

Para avaliar os efeitos da época de brotamento do investimento reprodutivo das plantas no desenvolvimento vegetativo e na produção de compostos fenólicos foram construídos modelos lineares generalizados (GLM), onde o número de folíolos, a biomassa dos folíolos, a biomassa dos ramos, o crescimento dos ramos e a concentração de fenóis foliares totais foram usados como variáveis respostas e a época de brotamento e o investimento fenológico reprodutivo (folha, flor e fruto) foram as variáveis explicativas. Para caracterizar o tempo de brotamento, a primeira planta a emitir folhas representou a data um e as demais plantas foram sequenciadas conforme a data de brotamento.

Riqueza e abundância de Galhas

A riqueza e abundância de galhas foram determinadas contando-se o número de galhas presentes nos dez ramos coletados das 109 árvores (veja acima). A determinação de cada morfotipo de galhas está de acordo com Costa *et al.* (2010) (Anexo 1). Os efeitos da época de brotamento e do investimento reprodutivo das plantas na riqueza de galhas foram testados com modelos lineares generalizados (GLM) onde a riqueza de galhas foi a variável resposta e a época de brotamento, o investimento fenológico reprodutivo (folha, flor e fruto) foram usados como variáveis explicativas. Posteriormente, o efeito da época de brotamento das plantas na composição de galhas associadas com *C. langsdorffii* foi avaliado através do escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) seguido de Anosim. Neste caso, o índice de *Jaccard* foi usado para construir a matriz de similaridade a partir dos dados de presença e ausência de

galhas em três grupos de plantas (preoces, intermediárias e tardias). Os indivíduos com brotamento precoce brotaram entre o primeiro e o vigésimo segundo dia. Indivíduos caracterizados como intermediários brotaram entre o vigésimo terceiro e o quadragésimo quarto dia e as plantas tardias brotaram entre o quadragésimo quinto e o sexagésimo sétimo dia.

Os efeitos da época de brotamento, da fenologia reprodutiva e do desenvolvimento reprodutivo das plantas na abundância de galhas foram testados com a construção de modelos lineares generalizados (GLM). Contudo, como as espécies de galhas podem responder diferentemente a estas variáveis explicativas, primeiramente foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA) baseada na matriz de abundância de todos os 24 morfotipos de galhas coletados em *C. lagsdorffii*. Assim, pode-se agrupar estes morfotipos de galhas em quatro subgrupos (G1, G2, G3 e G4), de acordo com suas relações com os dois primeiros eixos da análise. Finalmente, pode-se construir os modelos lineares generalizados (GLM) para cada grupo de galhas em função de suas mais prováveis variáveis explicativas. Por exemplo, para a abundância de galhas de grupo G1 usou-se o tempo de brotamento, a fenologia e o crescimento dos ramos como variáveis explicativas porque estas galhas ocorrem em ramos. No modelo de galhas do grupo G2 usou-se o tempo de brotamento, a fenologia e a biomassa total como variáveis explicativas porque estas galhas podem ser encontradas nas folhas ou nos ramos. Finalmente, usou-se a data de brotamento, a fenologia e o número de folíolos dos ramos como variáveis explicativas para as plantas dos grupos G3 e G4 porque estas galhas são típicas das folhas.

RESULTADOS

Brotamento Assincrônico e Investimento Vegetativo

O tempo de emissão de folhas (brotamento) entre os 109 indivíduos da população de *C. langsdorffii* variou por um intervalo de 67 dias. Dentre estas 109 plantas, 42 não entraram em fase reprodutiva, 24 produziram flores, mas não produziram frutos e 43 produziram frutos. Além disso, observou também que a época de emissão de folhas não afetou o investimento reprodutivo das plantas. Assim, as plantas precoces ou tardias apresentaram a mesma probabilidade de entrar em fase reprodutiva, produzindo flores e/ou frutos (Fig.1).

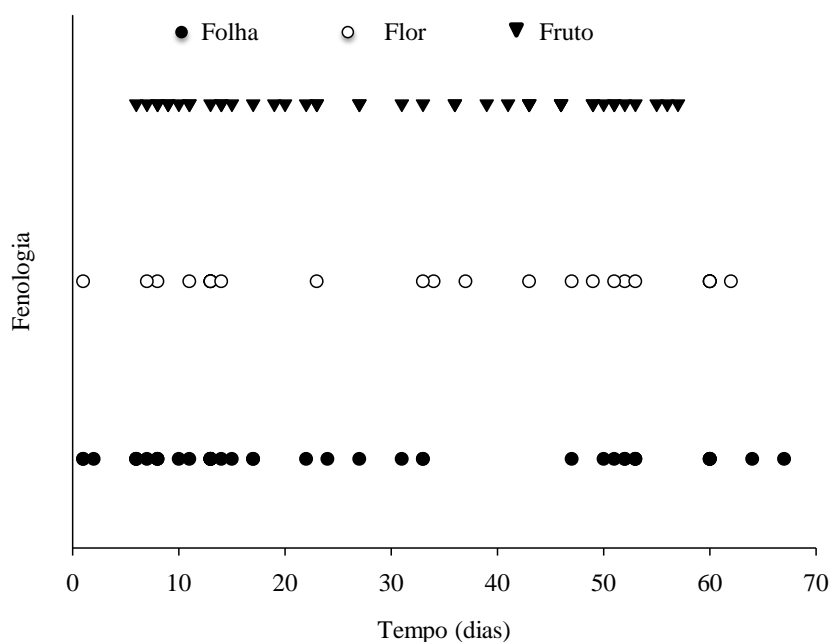


Figura 1: Variação temporal na emissão de folhas (brotamento) entre as plantas de *C. langsdorffii* com diferentes investimentos reprodutivos (n=109).

Brotamento Assincrônico vs Investimento Vegetativo e Produção de Fenóis

O tempo de brotamento afetou a biomassa de folíolos, o número de folíolos e o comprimento dos ramos das plantas de *C. langsdorffii* (Tab. 1). De fato, plantas com brotação precoce apresentaram menor biomassa de folíolos, menor número de folíolos e maior comprimento dos ramos (Fig. 2 A-C). Além disso, observou-se também que o investimento reprodutivo ou a interação tempo de brotamento vs investimento reprodutivo não afetou o desenvolvimento vegetativo (biomassa de ramos) ou a produção de compostos fenólicos pelas plantas (Tab. 1, Fig. 2 D-E).

Tabela 1: Modelos mínimos adequados utilizados para avaliar o tempo de brotamento e o investimento vegetativo e reprodutivo no desenvolvimento e produção de fenóis em *C. langsdorffii* (n= 109).

Variáveis Resposta	Variáveis Explicativas	Distribuição de Erro	P
Biomassa de Folíolos	Fenologia	Normal	0,971
	Tempo		0,030
	Fenologia * Tempo		0,541
Números de Folíolos	Fenologia	Normal	0,994
	Tempo		0,004
	Fenologia * Tempo		0,856
Comprimento dos Ramos	Fenologia	Normal	0,369
	Tempo		0,017
	Fenologia * Tempo		0,337
Biomassa dos Ramos	Fenologia	Normal	0,188
	Tempo		0,759
	Fenologia * Tempo		0,210
Compostos Fenólicos	Fenologia	Normal	0,901
	Tempo		0,731

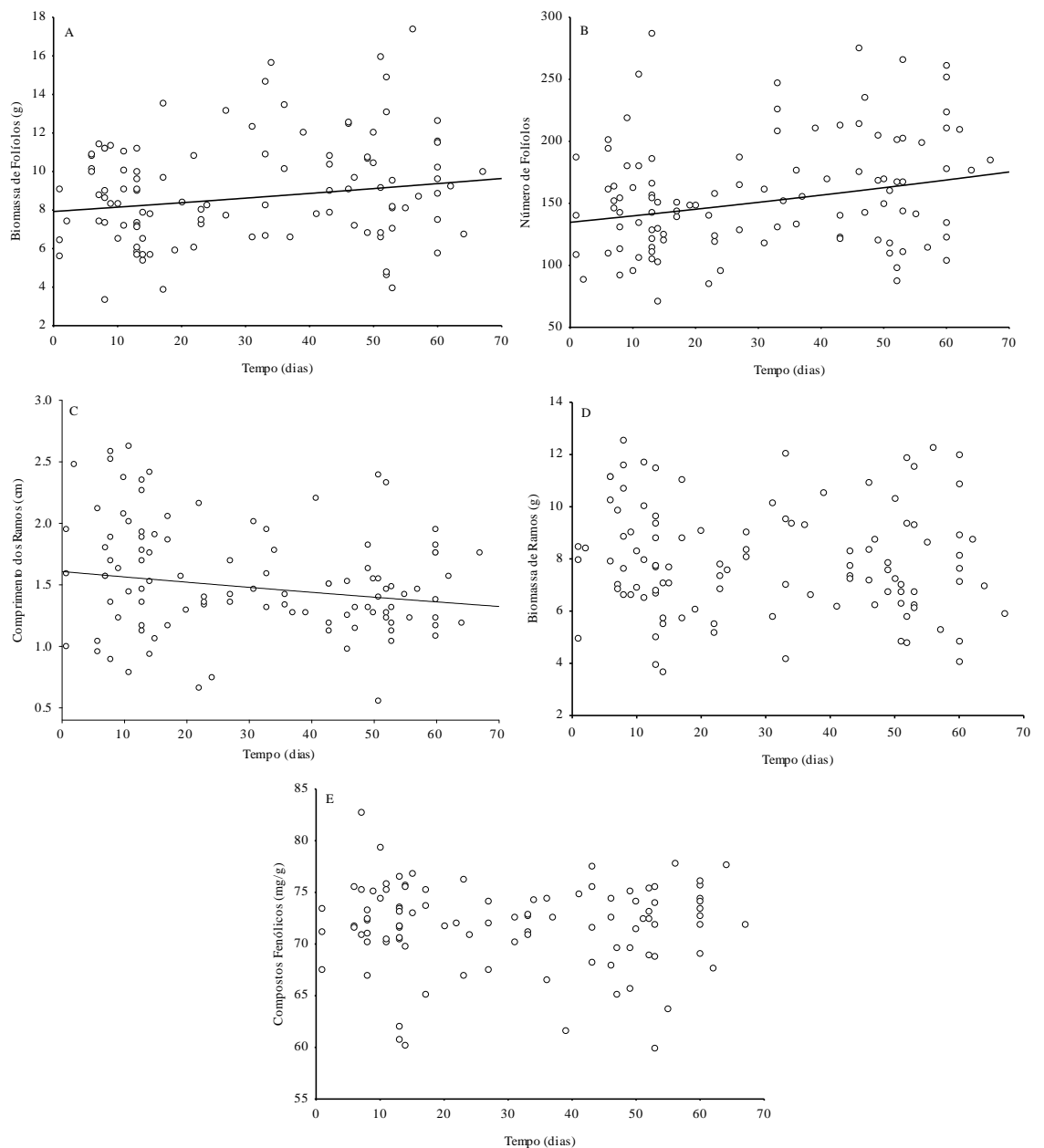


Figura 2: Biomassa de Folíolos (A), Número de Folíolos (B), Comprimento dos Ramos (C), Biomassa dos Ramos (D), Compostos Fenólicos (E) em função do tempo de brotamento das plantas de *Copaifera langsdorffii* (n= 109).

Brotamento Assincrônico e Ataque de Insetos Galhadores em Copaifera langsdorffii

Neste estudo foi amostrado um total de 5421 galhas distribuídas entre 24 morfotipos (Anexo 1). Os morfotipos mais abundantes foram 13, 3, 21 e 5 enquanto os menos

abundantes foram 18, 19, 22, 12. As galhas associadas com *C. langsdorffii* podem ser encontradas nas folhas (morfotipos 1, 2, 4, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 20, 21, 22, 23, 24), ramos (morfotipos 3, 5, 6, 10, 16, 17) ou em folha e ramos (morfotipos 3, 5, 6, 16).

A riqueza de galhas associadas com *C. langsdorffii* foi afetada apenas pelo tempo de emissão de folhas (Tab. 2). De fato, observou-se uma relação negativa entre a riqueza de galhas por planta e o tempo de emissão de folhas (brotamento), indicando que plantas que emitiram folhas precocemente foram atacadas por um maior número de insetos galhadores (Fig. 3).

Tabela 2: Modelos mínimos adequados utilizados para avaliar as respostas da fenologia de *C. langsdorffii* sobre a riqueza e abundância de insetos galhadores associados em relação ao tempo de brotamento, biomassa total (ramos e folíolos), fenologia, número de folíolos, biomassa de folíolos, biomassa de ramos (n= 109).

Variáveis Resposta	Variáveis Explicativas	Distribuição de Erro	P
Riqueza de Galhas	Fenologia	Normal	0,453
	Tempo		0,001
	Fenologia*Tempo		0,795
Abundância de Galhas (G1)	Fenologia	Normal	0,010
	Tempo		0,046
	Comprimento		0,004
	Fenologia*Tempo		0,010
	Fenologia*Comprimento		0,026
	Tempo*Comprimento		0,038
	Fenologia*Tempo*Comprimento		0,013
Abundância de Galhas (G2)	Fenologia	Normal	0,763
	Tempo		0,023
	Biomassa Total		0,087
	Fenologia*Tempo		0,157
	Fenologia*Biomassa Total		0,881
	Tempo*Biomassa Total		0,038
Abundância de Galhas (G3)	Fenologia	Normal	0,001
	Tempo		0,001
	Fenologia*Tempo		0,009
Abundância de Galhas (G4)	Fenologia	Normal	0,836
	Tempo		0,002
	Número de Folíolos		0,150
	Fenologia*Tempo		0,661
	Fenologia*Número de Folíolos		0,785
	Tempo*Número de Folíolos		0,005

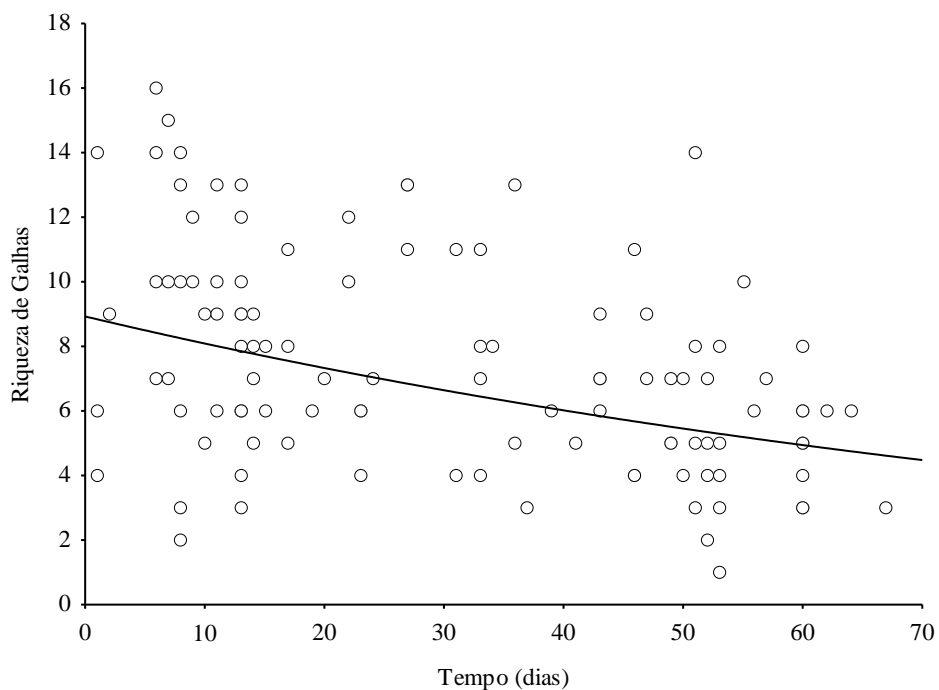


Figura 3: Relação entre a riqueza de galhas e o tempo de brotamento das plantas de *Copaifera langsdorffii* em uma área de Cerrado em Montes Claros – MG.

O resultado da análise de Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS), baseada na matriz binária de dados, sugere que a composição da comunidade de galhas muda em função do tempo de brotamento das plantas (Stress= 0,325, $p=0,086$). Contudo, esta diferença ocorreu apenas entre as plantas com fenologia precoce e tardia (Tab. 3).

Tabela 3: Análise de Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS), baseado na matriz binária

Forma de Brotação		<i>P value</i>	R
Precoce	x Intermediária	0.1472	0.048
Intermediária	x Tardio	0.9981	0.085
Tardio	x Precoce	**0.0016	0.085

A análise de Componentes Principais (PCA), baseada nas relações entre a abundância de galhas e os dois principais eixos da análise, sugere a formação de quatro grupos de galhas: G1, G2, G3 e G4 (Fig. 5). As galhas do grupo G1 são formadas pelos morfotipos (3, 5, 6, 24) e caracterizam-se por ocorrerem principalmente em ramos. As galhas do grupo G2 são formadas pelos morfotipos (10, 15, 16, 17, 22, 23) caracterizam-se por serem galhas típicas de ramos e folhas. O grupo G3 é formado pelos morfotipos (4, 7, 8, 11, 14, 18, 20) e são tipicamente de folhas. As galhas que formam o grupo G4 (1, 2, 9, 12, 13, 19, 21) também são galhas foliares, mas apresentam dimensões menores comparativamente às galhas do grupo G3.

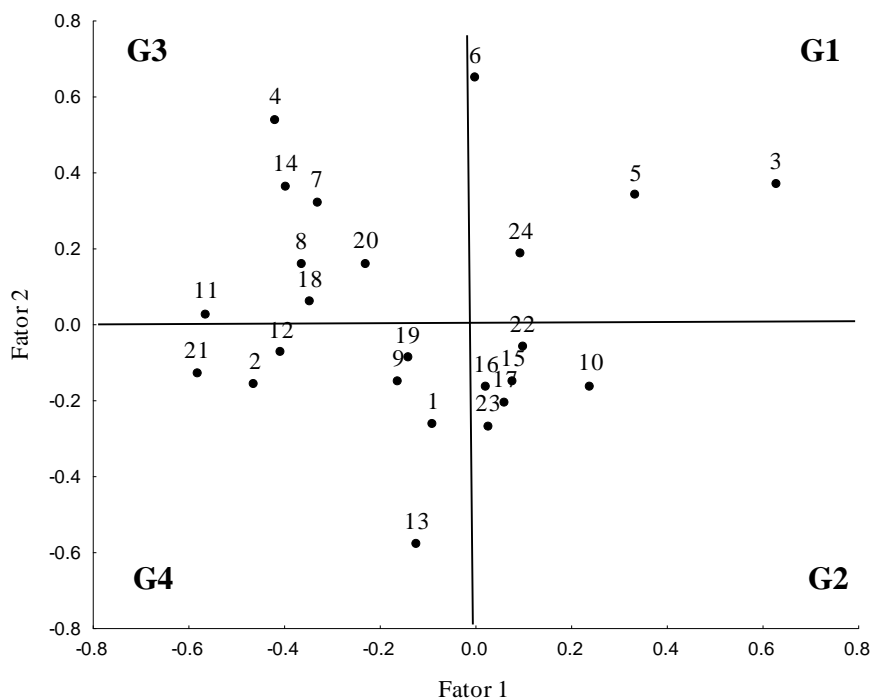


Figura 4: Análise de Componentes Principais (PCA) mostrando as relações entre os morfotipos de galhas associadas à *Copaifera langsdorffii* e os dois primeiros eixos da análise.

A abundância total de galhas do grupo G1 foi afetada pelo tempo de emissão de folhas (brotamento), pela fenologia e pelo crescimento dos ramos. Além disso, as

interações entre estas variáveis também afetaram a abundância de galhas do grupo G1 (Tab. 2). Por exemplo, as galhas do grupo G1 foram mais abundantes em plantas que frutificaram, produziram folhas tardiamente e apresentaram menor comprimento de ramos (Fig. 5).

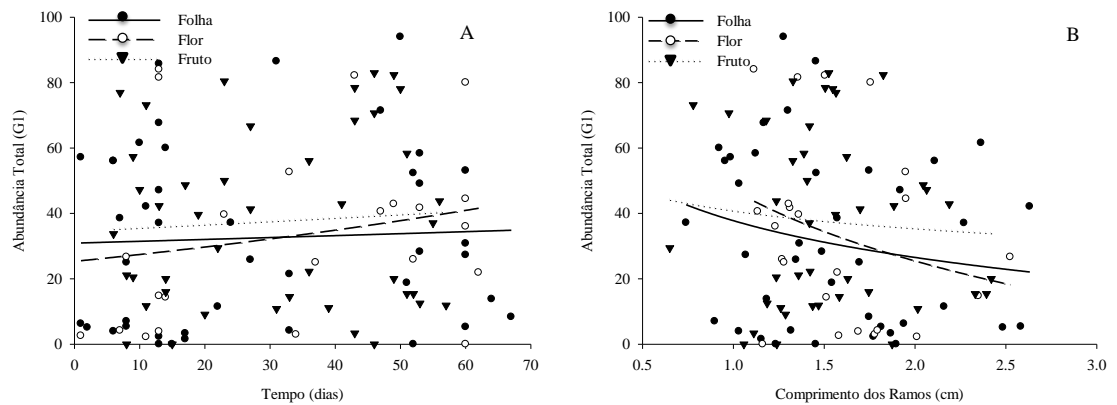


Figura 5: Abundância total de galhas do grupo G1 presentes em *C. langsdorffii* em relação ao tempo de brotamento (A) e ao comprimento dos ramos (B).

A abundância de galhas do grupo G2 foi afetada pelo tempo de brotamento das plantas e pela interação tempo de brotamento vs biomassa total (ramos e folíolos) (Tab. 2). Assim, plantas que brotaram tardiamente e apresentaram maior biomassa foram mais atacadas por este grupo de galhas (Fig. 6).

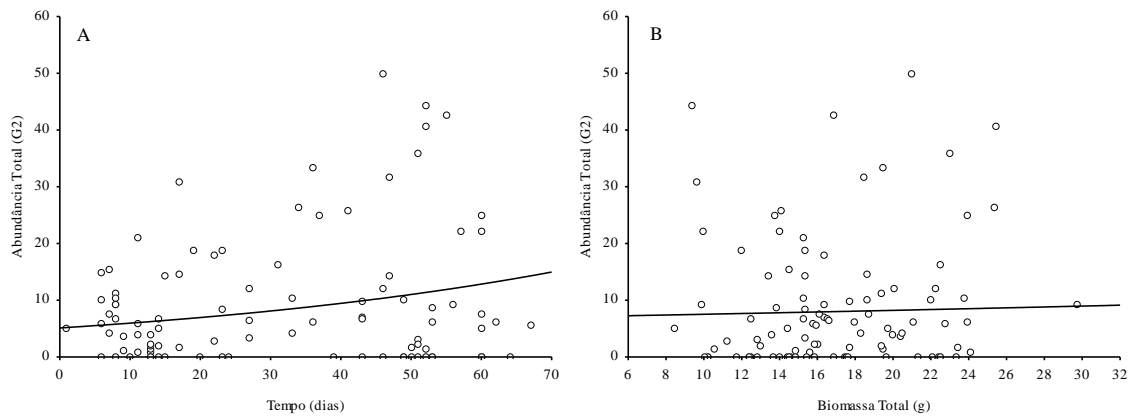


Figura 6: Abundância total de galhas do grupo G2 em função do tempo de brotamento (A) e em função da biomassa total (ramos e folíolos) (B) em *Copaifera langsdorffii*.

A abundância total de galhas do grupo G3 presentes em *Copaifera langsdorffii* variou em função da interação entre tempo de brotamento vs fenologia (Tab. 2). Assim, plantas que emitiram folhas tardiamente e não frutificaram foram menos atacadas pelas galhas do grupo G3 (Fig. 7).

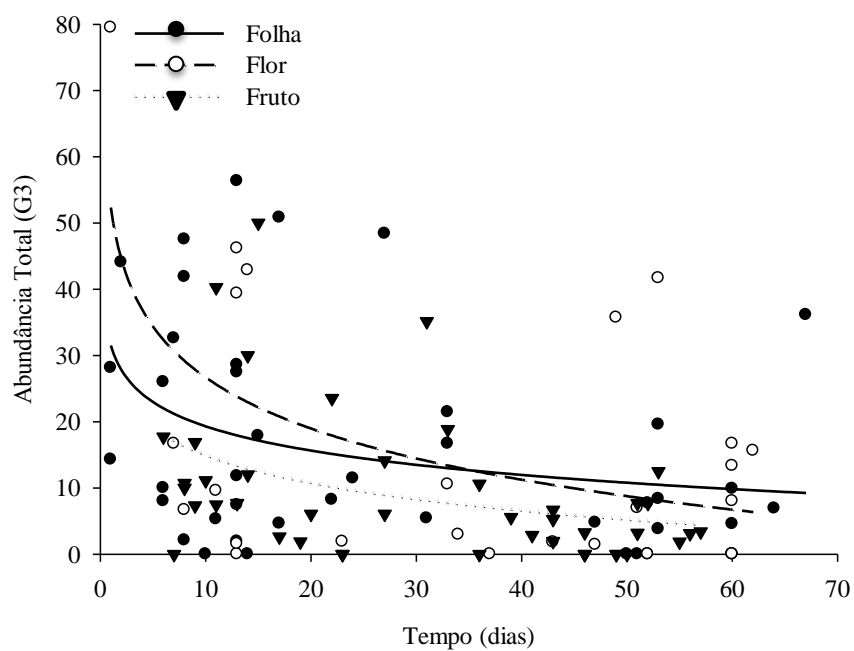


Figura 7: Abundância total de galhas do grupo G3 em função do tempo de brotamento e a fenologia de *Copaifera langsdorffii*.

A abundância total de galhas do grupo G4 variou em função do tempo de brotamento das plantas e da interação tempo de brotamento vs número de folíolos (Tab. 2). Com isso, plantas que brotaram precocemente e produziram maior número de folíolos apresentaram maior abundância de galhas deste grupo G4 (Fig. 8).

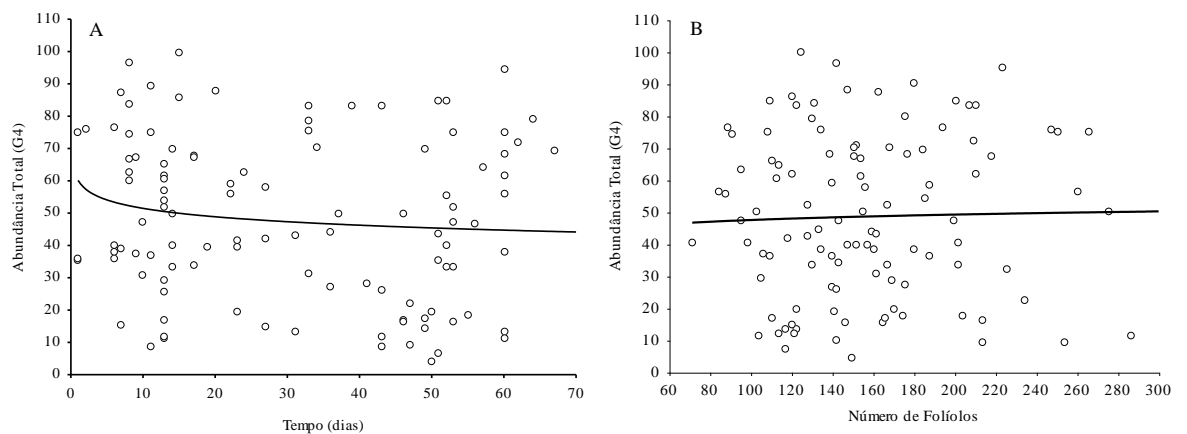


Figura 8: Abundancia total de galhas do grupo G4 em função do tempo de brotamento (A) e número de folíolos (B) das plantas de *Copaifera langsdorffii*.

DISCUSSÃO

Estudo anterior realizado em uma floresta semidecídua indicou que *C. langsdorffii* possui fenologia sincrônica (Pedroni *et al.* 2002). Neste estudo, a emissão de folhas pelas plantas de *C. langsdorffii* variou por um período de 67 dias, sugerindo uma assincronia no brotamento entre os indivíduos da mesma população. Provavelmente esta discrepância está relacionada com as variações climáticas locais ou às diferenças no método de caracterização da fenologia das plantas em campo. No estudo realizado por Pedroni e colaboradores (2002), a observação da fenologia ocorreu de quinze em quinze dias em uma floresta semidecídua, e, neste estudo a fenologia foi observada a cada dois dias em um fragmento de Cerrado, obtendo assim o tempo exato da emissão de folhas pela espécie.

Dentro de uma população, plantas com enfolhamento precoce geralmente acumulam mais recursos e apresentaram maior desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (Elzinga *et al.* 2007). Neste estudo observou-se que plantas precoces apresentaram menor número de folíolos, menor biomassa foliar e maior comprimento de ramos. Assim, plantas precoces apresentaram maior estiolamento dos ramos que é contrabalançado pela menor produção de folíolos, evidenciando um *trade-off* entre alongamento e produção de folíolos. Portanto nossos resultados não suportam a hipótese que plantas precoces apresentam maior desenvolvimento vegetativo.

Este estudo também sugere que plantas precoces ou tardias apresentaram a mesma probabilidade de entrar em fase reprodutiva, produzindo ou não frutos. Além disto, observou-se que o investimento em caracteres vegetativos (crescimento e biomassa de folhas e ramos) não variou entre plantas que investiram diferentemente em reprodução. Resultados similares foram observados por Costa *et al.* (2014) quando

notaram que a biomassa vegetativa das plantas de *C. langsdorffii* não variou entre anos de alto e baixo investimento reprodutivo. Assim, é provável que as plantas invistam prioritariamente no desenvolvimento vegetativo e em caso de alta disponibilidade de recurso ocorre o desencadeamento da floração e frutificação.

Variações fenológicas podem afetar direta ou indiretamente a performance dos herbívoros. Diretamente, o sincronismo entre a produção de órgãos alvo pelas plantas e a emergência dos insetos galhadores é fundamental para o sucesso reprodutivo dos insetos (Fernandes *et al.* 2000; Yukawa, 2000; Yukawa e Akimoto, 2006). Indiretamente, variações fenológicas afetam a performance dos herbívoros porque plantas precoces ou tardias diferem na qualidade dos tecidos. Por exemplo, plantas precoces apresentam maior crescimento vegetativo porque tem mais tempo para crescer, acumulando maior quantidade de recurso e geralmente são mais atacadas por insetos galhadores (Yukawa e Akimoto, 2006; Coyle *et al.* 2010).

A comunidade de insetos galhadores associadas com *C. langsdorffii* variou em função da época de brotação das plantas. De fato, a análise de composição de espécies de galhas indicou a formação de dois grupos de galhas que ocorrem em plantas com enfolhamento precoce ou tardio. Além disto, as galhas dos Grupos G1 e G2 apresentaram relação positiva com o tempo de produção de folhas enquanto as galhas dos grupos G3 e G4 (tipicamente de folhas) apresentaram relação negativa com a época de brotamento das plantas. Assim, é plausível considerar que o primeiro eixo da PCA representa o tempo de brotamento das plantas, explicando a maior parte da variação observada da distribuição de galhas em *C. langsdorffii*. Contudo, não foram observadas relações entre variações fenológicas reprodutivas, a produção de compostos fenólicos pelas plantas e o ataque dos insetos galhadores.

A grande riqueza de galhas associadas com *C. langsdorffii* permite classificar a espécie como super-hospedeira de insetos galhadores (Costa *et al.* 2010). A distribuição geográfica (Carvalho, 2003), o tamanho e a idade do gênero ou família (Lima *et al.* 2008; Maia, 2013), e a arquitetura (Araújo *et al.* 2006; Neves *et al.* 2010) da planta hospedeira tem sido usada para explicar a existência de espécies super-hospedeiras de galhas. Estudos recentes (e.g. Mopper 2005; Yukawa e Akimoto, 2006; Egan e Ott, 2007) mostraram que variação fenológica intrapopulacional na emissão de folhas pela planta hospedeira também promove a especiação de galhadores. Assim, nós sugerimos que a assincronia na emissão de folhas também deve ser considerada como fator que afeta a organização da comunidade de insetos galhadores em suas plantas.

Insetos galhadores apresentam alto grau de especificidade a determinados órgãos das plantas hospedeiras, o que confirma a especificidade de *C. langsdorffii* (Raman *et al.* 2005). Segundo Isaias e colaboradores (2008), a interação de *C. langsdorffii* e seus diferentes galhadores associados, permite verificar como os tecidos da hospedeira respondem tanto a presença quanto a atividade alimentar dos galhadores. Cada galhador utiliza, de maneira peculiar, as amplas potencialidades morfogênicas da hospedeira, resultando em morfotipos distintos, devido às divergências qualitativas nas repostas teciduais (Mani, 1992). Mecanismos de interação mecânica e química pode ser a chave para entender o porquê desta divergência entre os organismos envolvidos (Isaias *et al.* 2008).

As folhas são os órgãos mais atacados por ser um recurso abundante e renovável apresentam a maior incidência de galhas em todas as regiões zoogeográficas do mundo, seguidos de caules e gemas, resultados encontrados em todos os inventários de Minas Gerais (Maia, 2013). A estratégia de reprodução em indivíduos com maior número de

folhas diminui os riscos de ataque de inimigos naturais e parasitoides, e apresentam maior disponibilidade de sítios de oviposição (Vrcibradic, 2000). Evidências experimentais indicam que os insetos galhadores manipulam a alocação de recursos da planta hospedeira para sua própria vantagem (Stone & Schönrogge, 2003).

É importante que os galhadores sincronizem seu desenvolvimento com o de suas plantas hospedeiras, podendo adaptar-se rapidamente as mudanças na fenologia (Dixon, 2003). Populações de insetos galhadores têm sido propostas como localmente adaptadas a plantas hospedeiras (Zovi *et al.* 2008). Foi demonstrado por Nitão e colaboradores (1991), que uma ampla variação geográfica da hospedeira leva a formação de demes regionais de insetos fitófagos. Estes insetos estão sujeitos a forte pressão de seleções múltiplas que podem leva-los a adaptar-se localmente (Zovi *et al.* 2008).

Nossos resultados não apoiam a hipótese que plantas com enfolhamento precoce apresentam maior desenvolvimento vegetativos, e, confirmam a hipótese que plantas precoces são mais atacadas por insetos galhadores, pois apresentam mais meristemas ativos quando comparadas as plantas com enfolhamento tardio.

REFERÊNCIAS

- Araújo APA, Fernandes GW & Carneiro, MAA (2003) Efeitos do sexo, do vigor e do tamanho da planta hospedeira sobre a distribuição de insetos indutores de galhas em *Baccharis camporum* DC (Asteraceae). *Revista Brasileira de Entomologia* 47: 483–490.
- Araújo APA, Paula JD, Carneiro MAA & Schoereder JH (2006) Effects of host plant architecture on colonization by galling insects. *Australian Ecology* 31: 343–348.
- Bernays EA, Chappman RF (1994) Host-plant selection by phytophagous insects. Chapman and Hall, New York.
- Bryant JP, Chapin FS & Klein DS (1983) Carbon/Nutrient balance in boreal plants in relation on vertebrate herbivory. *Oikos* 40: 357-368.
- Carvalho PER (2003) Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa informação tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas.
- Castro-Díez P, Montserrat-Martí G & Cornelissen JHC (2003) Trade-offs between phenology, relative growth rate, life form and seed mass among 22 Mediterranean woody species. *Plant Ecology* 166: 117–129.
- Chapin FS (1991) Integrated responses of plants to stress. *BioScience* 41: 29-36.
- Coley PD, Barone JA (1996) Herbivory and plant defenses in tropical forests. *Annual Review of Ecology and Systematics* 27, 305-35.

Collevatti RG, Sperber CF (1997) The gall makes *Neopelma baccharidis* Burck. (Homoptera: Psyllidae) on *Baccharis dracunculifolia* DC (Asteraceae): individual, local and regional patterns. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 26: 45–53.

Cornelissen TG, Fernandes GW (2001) Defence, growth and nutrient allocation in the tropical shrub *Bauhinia brevipes* (Leguminosae). *Austral Ecology* 26: 246-253.

Costa F V, Fagundes M F & Neves F S (2010) Arquitetura da planta e diversidade de galhas associadas à *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae). *Ecologia Austral* 20: 9-17.

Costa FV, Reis-Júnior R & Fagundes M (2011) Resource allocation in *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae): reproduction, growth, defense and herbivore attack. *Austral Ecology*.

Costa FV, Reis-Júnior R, Queiroz ACM, Maia MLB & Fagundes M (2014) Resource allocation in *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae): how a mass fruiting pattern affect plant traits and higher trophic level? *Plants Species Biology*. In press.

Coyle DR, Jordan MS & Raffa KP (2010) Host plant phenology affect performance of an Invasive Weevil, *Phyllobius oblongus* (Coleoptera: Curculionidae), in Northern Hardwood Forest. *Bio One* 39: 5: 1539-1544.

D'Eça-Neves FF, Morellato LPC (2004) Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais. *Acta Botanica Brasilica* 18: 1: 99-108.

Dias HCT, Oliveira-Filho AT (1996) Fenologia de quatro espécies arbóreas de uma floresta estacional semidecídua em Lavras, MG. *Cerne* 2: 66-88

Edmunds GF, Aistad DN (1978) Coevolution in insect herbivores and conifers. *Science* (Washington, D.C.) 199: 941-945.

Egan SP, Ott JR (2007) Host plant quality and local adaptation determine the distribution of a gall-forming herbivore. *Ecology* 88: 11: 2868 -2879.

Ehrlén J, Munzbergová Z (2009) Timing of Flowering: Opposed Selection on Different Fitness Components and Trait Covariation. *The American Naturalist* 173: 819-830.

Elzinga JA, Atlan A, Biere A, Gigord L, Weis AE & Bernasconi G (2007) Time after time: flowering phenology and biotic interactions. *Trends in Ecology and Evolution* 22: 432–439.

Fagundes M (2014) Gall-forming insect community associated with *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae): the role of inter- and intra-annual host plant phenology. In: Fernandes, G W; Santos, J C (2014) *Neotropical Insect Galls*. Springer v. 7. 502p

Fagundes M, Costa FV, Antunes SF, Maia MLB, Queiroz ACM, Oliveira LQ & Faria ML (2013) The role of historical and ecological factors on initial survival of *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae). *Acta Botanica Brasilica* 27: 4.

Fagundes M, Fernandes GW (2011) Insect herbivores associated with *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae): responses of gall-forming and free-feeding insect herbivores to latitudinal variation. *Revista de Biología Tropical*.

Faria ML, Fernandes GW (2001) Vigour of a dioecious shrub and attack by a gall-forming herbivore. *Ecological Entomology* 26: 37 – 45.

Feeny P (1976) Plant apparency and chemical defense. In: Wallace, J W; Mansell, R L [ed.] Biochemical interaction between plants and insects. Recent advances in phytochemistry. Vol. 10. Plenum Press, New York and London 425 p.

Fernandes GW, Price PW, Gonçalves-Alvin SJ, Craig TP & Yanega D (2000) Response of the galling insect *Aciurina trixa* Curran (Diptera: Tephritidae) to host plant quality. Sociedade Entomologia do Brasil 29: 3: 423 – 431.

Fernandes GW, Santos JC & Carneiro MCA (2012) Insetos galhadores neotropicais: diversidade e ecologia evolutiva dos herbívoros mais sofisticados da natureza. In: Del – Claro, K.; Torezan – Silingardi, H. M. (2012) Ecologia das Interações Plantas-Animais: Uma Abordagem Ecológico-Evolutiva. Viçosa, Technical Books Editora 1: 183 – 199.

Fernandes GW, Tameirão-Neto E, Martins RP (1988) Ocorrência e caracterização de galhas entomógenas na vegetação do campus Pampulha da Universidade Federal de Minas Gerais. Revista Brasileira de Zoologia 5: 1: 11-29.

Fox CW, Waddell KJ, Groeters FR & Mousseau TA (1997) Variation in budbreak phenology affects the distribution of a leaf-mining beetle (*Brachys tessellates*) on turkey oak (*Quercus laevis*). Ecoscience 4: 480-489.

Hamann A (2004) Flowering and fruiting phenology of a Philippine submontane rain forest: climate factors as proximate and ultimate causes. Journal of Ecology 92: 24-31.

Harris JM (2002) Dietary adaptations of extant and Neogene African suids. Journal of Zoology 256: 45–54.

Herms DA, Mattson WJ (1992) The dilemma of the plants: To grow or to defend. The Quarterly Review of Biology 67: 283–335.

- Isaias RMS, Oliveira DC, Drumond MM, Moreira ASFP & Soares GLG (2008) Potencialidades morfogênicas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae): super-hospedeira de herbívoros galhadores. *Revista de Biologia Neotropical* 5: 1: 31 – 39
- Koptur S, Rodriguez MC, Oberbauer SF, Weekley S & Herndon A (2002) Herbivore-free time: damage to new leaves of woody plants after Hurricane Andrew. *Biotropica* 34: 547-554.
- Lewinsohn TM, Novotny V & Basset Y (2005) Insects on plants: diversity of herbivore assemblages revisited. *Annual Review of Ecology and Systematics* 36: 597-520.
- Lima HC, Martins-da-Silva RCV & Pereira FJ (2008) O gênero *Coapifera* (Leguminosae – Caesalpinioideae) na Amazônia Brasileira. *Rodriguésia* 59:3: 455-476.
- Lorenzi H (1992) *Árvores brasileira: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. São Paulo 382p.
- Lynch JP, Nord EA & Shea K (2011) Optimizing reproductive phenology in a two-resource world: a dynamic allocation model of plant growth predicts later reproduction in phosphorus-limited plants. *Annals of Botany*. Disponível em <http://aob.oxfordjournals.org>.
- Maia VC, Fernandes GW (2004) Insect galls from Serra de São José (Tiradentes, MG, Brazil). *Brazilian Journal of Biology* 64: 3: 1-22.
- Mani MS (1992) Introduction to cecidology. p. 3-7. In Shorthouse, J. D & O. Rohfritsch (Eds), *Biology of insect induced galls*. Oxford University, Oxford.

Marquis RJ (2012) Uma abordagem geral das defesas das plantas contra a ação dos herbívoros. In: Del – Claro, K.; Torezan – Silingardi, H. M. (2012) *Ecologia das Interações Plantas-Animais: Uma Abordagem Ecológico-Evolutiva*. Viçosa, Technical Books Editora 1: 55 – 66.

Mopper S (2005) Phenology – how time creates spatial structure in endophagous insect populations. *Zoology Fennici* 42: 327 – 333.

Neves FS, Araújo LS, Fagundes M, Espírito-Santo MM, Fernandes GW, Sánchez-Azofeifa GA & Quesada M (2010) Canopy herbivory and insect herbivore diversity in a dry forest-savanna transition in Brazil. *Biotropica* 42: 112 – 118.

Nitao JK, Ayres MP, Lederhouse RC & Scriber JM (1991) Larval adaptation to lauraceous hosts: geographic divergence in the spicebush swallowtail butterfly. *Ecology* 72: 1428–1435.

Nord E, Lynch J (2008) Delayed reproduction in *Arabidopsis thaliana* improves fitness in soil with suboptimal phosphorus availability. *Plant, Cell & Environment* 31: 1432–1441.

Novotny, V, Basset Y (2000) Rare species in communities of tropical insect herbivores: pondering the mystery of singletons. *Oikos* 89: 564 – 572.

Novotny V, Drozd P, Miller SE, Kulfan M, Janda M, Basset Y & Wiblen, G D (2006) Why are there so many species of herbivore insects in tropical rainforests? *Science* 313: 1115 – 1117.

Pedroni F, Sanchez M & Santos FAM (2002) Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf. Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 25: 183-194.

Price PW (1991) The plant vigor hypothesis and herbivore attack. *Oikos* 62: 244 – 251.

Price PW, Fenandes GW & Waring GL (1987) Adaptive nature of insect galls. *Forum: Environmental Entomology* 16: 1: 15 – 24.

Price PW, McGeoch (2004) Spatial abundance structures in an assemblage of gall-forming sawflies. *Journal of Animal Ecology* 73: 506 – 516.

Ramalho VF, Silva AG (2010) Modificações bioquímicas e estruturais induzidas nos tecidos vegetais por insetos galhadores. *Natureza on line* 8: 3: 117-122.

Root RB (1973) Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleraceae*). *Ecological Monographs* 43: 95-124.

Shorthouse JD, Wool D & Raman A (2005) Gall-inducing insect: Nature's most sophisticated herbivores. *Basic and Applied Ecology* 6: 407–411.

Stone NG, Schörnrongge K (2003) Tehe adaptive significance of insect gall morphology. *Trends in Ecology and Evolution* 18: 10: 512 – 522.

Swain T, Hillis WE (1959) The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal Science Food Agricola* 10: 63-68.

Trigo JR, Pareja M & Massuda KF (2012) O papel das substancias químicas nas interações entre plantas e insetos herbívoros. In: Del – Claro, K.; Torezan – Silingardi,

H. M. (2012) *Ecologia das Interações Plantas-Animais: Uma Abordagem Ecológico-Evolutiva*. Viçosa, Technical Books Editora 1: 69 – 88.

Van Schaik CP, Terborgh JW & Wright SJ (1993) The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24: 353–377.

Vrcibradic D, Rocha CFD, Monteiro RF (2000) Patterns of gallforming in *Ossaea confertiflora* (Melastomataceae) by *Lopesia brasiliensis* (Diptera: Cecidomyiidae) in an area of Atlantic Rainforest in Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Biologia* 60: 159–166.

Yukawa J (2000) Synchronization of galls with host plant phenology. *Population Ecology* 42: 105-113.

Yukawa J, Akimoto K (2006) Influence of synchronization between adult emergence and host plant phenology on the population density of *Pseudasphondylia neolitsea* (Diptera: Cecidomyiidae) inducing leaf galls on *Neolitsea sericea* (Lauraceae). *Population Ecology* 48: 13–21.

Yukawa J, Tokuda M & Yang M (2008) Taxonomy and Molecular Phylogeny of *Daphnephila* Gall Midges (Diptera: Cecidomyiidae) Inducing Complex Leaf Galls on Lauraceae, with Descriptions of Five New Species Associated with *Machilus thunbergii* in Taiwan. *Zoological Science* 25: 533 – 545.

Zovi D, Stastny M, Battisti A & Larsson S (2008) Ecological costs on local adaptation of an insect herbivore imposed by host plants and enemies. *Ecology* 89: 5: 1388 – 1398.

ANEXO 1

Anexo 1: Morfotipos de galhas associadas à *Copaifera langsdorffii* em uma área de Cerrado em Montes Claros (MG). Modificado de Costa *et al.* (2010).

