

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**A importância do silício nas interações entre insetos herbívoros e
Bauhinia brevipes Vogel (Fabaceae)**

Janaina Batista Correia

Monografia apresentada à Coordenação do
Curso de Ciências Biológicas, da Universidade
Federal de Uberlândia, para a obtenção do
grau de bacharel em Ciências Biológicas.

Uberlândia - MG
Junho – 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**A importância do silício nas interações entre insetos herbívoros e
Bauhinia brevipes Vogel (Fabaceae)**

Janaina Batista Correia

Prof. Dr. Jean Carlos Santos

Instituto de Biologia

Monografia apresentada à Coordenação do
Curso de Ciências Biológicas, da Universidade
Federal de Uberlândia, para a obtenção do
grau de bacharel em Ciências Biológicas.

Uberlândia - MG
Junho – 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**A importância do silício nas interações entre insetos herbívoros e
Bauhinia brevipes Vogel (Fabaceae)**

Janaina Batista Correia

Prof. Dr. Jean Carlos Santos
Instituto de Biologia

Homologado pela coordenação do Curso de
Ciências Biológicas em __/__/__

Prof. Dr. Oswaldo Marçal Junior

Uberlândia - MG
Junho – 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**A importância do silício nas interações entre insetos herbívoros e
Bauhinia brevipes Vogel (Fabaceae)**

Janaina Batista Correia

Aprovado pela Banca Examinadora em: / / Nota: ____

Nome e assinatura do Presidente da Banca Examinadora.

Uberlândia, de de .

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar os danos causados pelos insetos herbívoros em *Bauhinia brevipes* Vogel (Fabaceae), uma espécie arbustiva típica do Cerrado, e os efeitos da taxa de concentração do silício nas folhas como um elemento indutor de resistência da planta. Assim, algumas hipóteses foram norteadoras: (i) quanto maior a quantidade de silício na folha menor será a taxa de herbivoria por mastigadores; (ii) insetos galhadores selecionam folhas com menores taxas de silício para o desenvolvimento da galha; (iii) a reação de hipersensibilidade apresenta efeitos positivos, aumentando a taxa de silício; e por fim, (iv) as galhas possam sobrepor as defesas da planta realocando mais silício para os tecidos das mesmas. A análise da concentração de silício foi feita em quatro conjuntos distintos de folha desta espécie: folhas com herbivoria por herbívoros de vida livre, folhas saudáveis, folhas com reação de hipersensibilidade e folhas com galhas de *Schizomyia macrocapillata*. Os resultados mostram que quanto maior a concentração de silício menor quantidade de herbivoria nas folhas; que não houve correlação negativa entre a concentração de silício e a quantidade de galhas mostrando que insetos galhadores não selecionam folhas com menores taxas de silício para o desenvolvimento da galha; que folhas com maior reação de hipersensibilidade possuem maior concentração de silício; e que a quantidade de silício foi menor nos tecidos das galhas, com relação aos tecidos adjacentes nas folhas galhadas, mostrando que estas não realocam silício das folhas do hospedeiro.

PALAVRA-CHAVE: Galhas. Herbivoria. Reação de hipersensibilidade foliar. Silício.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 MATERIAL E MÉTODOS	10
2.1 <i>Área de estudo</i>	10
2.2 <i>Espécie de estudo</i>	11
2.3 <i>Amostragem</i>	13
2.4 <i>Quantificação da herbivoria foliar</i>	13
2.5 <i>Quantificação do conteúdo de silício foliar</i>	14
2.6 <i>Análise dos dados</i>	15
3 RESULTADOS	17
4 DISCUSSÃO	22
5 CONCLUSÃO	25
6 REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

Interações entre plantas e insetos herbívoros são de fundamental importância para a manutenção de ecossistemas, pois favorecem o fluxo e a ciclagem de nutrientes, bem como, a manutenção e estruturação de populações e comunidades vegetais (Del-Claro & Torezan-Silingardi, 2012). Assim, a herbivoria consiste em uma interação antagonista entre consumidor e recurso, nos quais animais (vertebrados e invertebrados) se alimentam do tecido vegetal vivo (Chapin III et al., 2002). Nesse tipo de interação, a ação de herbívoros confere inúmeros prejuízos às plantas hospedeiras ao promoverem injúrias nos tecidos vegetais (reprodutivos e vegetativos), resultando em efeitos negativos no crescimento, na taxa fotossintética e na sobrevivência das plantas (Marquis, 2012).

A remoção de tecido vegetal pode ser mais significativa através da ação de insetos herbívoros de vida livre (mastigadores e sugadores) (Ricklefs, 2010). No entanto, insetos endofíticos, (galhadores e minadores), também se destacam em relação ao consumo de tecido vegetal sobre as plantas hospedeiras (Cain, 2011). Um exemplo desse tipo de interação são as galhas, que podem ser causadas por agentes indutores, como nematoides, fungos, bactérias, vírus e, principalmente, por insetos (Santos et al., 2012).

Essas estruturas são ainda conhecidas como “tumores vegetais”, uma vez que nos tecidos ou órgãos atacados, ocorre aumento de volume celular e/ou número de células (Santos et al., 2008). Atuam como drenos fisiológicos de nutrientes nas plantas hospedeiras, uma vez que os nutrientes são deslocados dos tecidos saudáveis para o tecido da galha (Raman et al., 2005). Tais estruturas podem ainda ser induzidas em todos os órgãos da planta hospedeira, desde a raiz até os ramos apicais, em partes reprodutivas e vegetativas (Raman et al., 2005). Uma vez que as galhas abrigam a prole do agente indutor em uma câmara, consistem em um sítio seguro para alimentação e proteção contra os inimigos naturais e as condições ambientais adversas (Raman et al., 2005).

Diante da pressão seletiva exercida pela ação dos herbívoros, as plantas desenvolveram diversas estratégias de defesas ao longo da sua história evolutiva (Marquis, 2012). Essas estratégias anti-herbivoria são classificadas como defesas físicas (constitutivas), constituídas por estruturas morfológicas que dificultam o acesso dos herbívoros ao tecido vegetal, tais como tricomas ou espinhos (Aoyama & Labinas, 2012); defesas químicas (constitutivas), formadas por produtos do metabolismo secundário das plantas que reduzem a palatabilidade e disponibilidade proteica, tais como taninos e compostos fenólicos (Aoyama & Labinas, 2012) e acúmulo de silício nas folhas (Korndorfer et al., 2010); As defesas induzidas, compreendem as alterações que ocorrem nas plantas, como mudanças físicas, químicas e nutricionais ocasionadas após o dano ou estresse causado por algum herbívoro (Santos et al., 2008).

Dentre as respostas induzidas, a Reação de Hipersensibilidade (RH) se caracteriza por ser uma combinação de respostas físicas, nutricionais e traços aleloquímicos que leva, imediatamente após o ataque, o agente indutor à morte através da necrose do tecido atacado (Fernandes & Negreiros, 2001). Essa reação consiste em uma mancha circular marrom, circundando o sítio de oviposição do inseto galhador, onde o tecido vegetal invadido sofre necrose e acaba levando a morte do agente indutor (Santos et al., 2012).

Dentre as defesas físicas, a deposição e o acúmulo de silício (Si), em forma de sílica, nas folhas também vêm sendo fortemente investigada como mecanismo físico de defesa contra a herbivoria (Korndorfer & Del-Claro, 2006; Korndorfer et al., 2010). O silício é o segundo elemento mais abundante da crosta terrestre e está disponível nos solos para as plantas, as quais depositam sílica na parede celular, tornando a epiderme mais rígida e reduzindo a palatabilidade vegetal, conseqüentemente, os danos causados por insetos herbívoros (Laing et al. 2006, Massey et al., 2006).

Bauhinia brevipes Vogel (Fabaceae), espécie arbustiva do cerrado, é bastante utilizada como modelo de estudo de interações entre insetos e plantas (Cornelissen et al., 2002; Santos et al., 2008; Santos & Fernandes, 2010; Detoni et al., 2011). Essa espécie possui amplo espectro de herbívoros associados (endofíticos e mastigadores) e variações fenotípicas com relação ao desenvolvimento de defesas induzidas (RH) ao ataque do inseto galhador *Schizomyia macrocapillata* (Diptera: Cecidomyiidae), principal galhador dessa espécie (Cornelissen et al., 2002; Santos et al., 2008; Santos & Fernandes, 2010; Detoni et al., 2011). Nesse sistema podemos observar a preferência e o desempenho dos insetos herbívoros sobre a planta hospedeira, bem como, a respostas defensivas contra os insetos herbívoros. No entanto, informações sobre o papel do silício como mecanismo de defesa contra insetos herbívoros ainda não foram investigadas neste sistema.

Assim, este estudo teve como objetivo investigar se o conteúdo foliar de silício é um fator controlador de dano e da presença de galhadores em *Bauhinia brevipes*.

Para tal, elaboramos as seguintes questões norteadoras: i) Como o conteúdo de silício foliar está diretamente relacionado à herbivoria por mastigadores e galhadores? Nossa hipótese para essa questão é que a quantidade de silício se relacione negativamente ao desempenho de insetos herbívoros, pois o acúmulo de sílica na epiderme reduz a palatabilidade e a tenacidade foliar. Que, ii) as galhas podem sobrepujar as defesas vegetais via silício? Acreditamos que as galhas possam realocar sílica para o próprio tecido, como um mecanismo de defesa contra inimigos naturais. iii) Como plantas com respostas previamente estimuladas por *S. macrocapilatta* respondem à alocação de silício nas folhas? Esperamos que haja relação positiva entre reações de hipersensibilidade e o acúmulo de sílica nas paredes celulares de folhas previamente atacada por insetos galhadores, como observado para outros sistemas de defesas induzidas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Este estudo foi realizado na Reserva Ecológica do Panga, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, entre as coordenadas 19°09' - 19°11'S e 48°23' - 48°24'O. Possuindo uma área de 409,5 há, situada a 30 km do município de Uberlândia. A Altitude varia de 750 a 830 m (Schiavini & Moreno, 2001) e o clima é do tipo Aw, de acordo com a classificação de Köppen, com verões chuvosos (de outubro a março) e inverno seco (de abril a setembro). A temperatura anual média é de 22°C e a pluviosidade é de aproximadamente 1.500 mm. O solo é do tipo hidromórfico de textura arenosa, de médio à intensamente ácido, e são classificados como latossolo vermelho, latossolo vermelho – amarelo, profundo, bem drenado e com textura arenosa (Schiavini & Moreno, 2001). As fitofisionomias mais comuns dessa região são pertencente ao Cerrado, como formação Campestre (Campo Sujo e Campo Limpo Úmido), Savânicas (Cerrado sentido restrito e Veredas) e florestais (Cerradão, Mata Seca e Mata de Galeria) (Ribeiro & Walter, 1998).



2.2 Espécie de estudo

Bauhinia brevipes é uma espécie arbustiva típica de cerrado, porém também é encontrada na Caatinga (Vaz & Tozzi, 2003). Sua abrangência compreende os Estados da Bahia, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Piauí, Rondônia, São Paulo e Tocantins (Vaz & Tozzi, 2003). É uma espécie arbustiva que pode atingir até três metros de altura e, decídua, com queda foliar entre maio e agosto. Seu período de floração compreende os meses de Junho a Setembro, sendo que em Outubro ocorre novos brotamentos. A produção de novas folhas ocorre em Outubro, no início da estação chuvosa, e as folhas persistem até o final desse período, em Março (Silveira et al., 2015).

Essa espécie tem associações com pelo menos sete espécies de galhadores, porém, as galhas mais abundantes e frequentes, são induzidas por *S. macropicallata* e *Asphondylia microcapillata* Maia (Diptera: Cecidomyiidae) (Santos et al., 2008). As galhas de *S. macropicallata* são esféricas, de coloração avermelhado-laranja e com uma única câmara induzida na superfície adaxial das folhas (Sá et al., 2009). *Bauhinia brevipes* reage

fortemente contra esse galhador, através de uma resposta induzida, que elimina mais de 80% das tentativas de oviposição (Santos et al., 2008).





2.3 Amostragem

Durante o período de dezembro de 2014 a fevereiro de 2015 amostramos uma população de *B. brevipes*. Amostramos indivíduos adultos, com altura variando entre 0.5 e três metros e dispostos às mesmas condições de solo. Nesse período, compreendido na estação chuvosa, é concomitante à produção de novas folhas em *B. brevipes*, a qual se inicia em outubro e se estende até fevereiro e ao pico reprodutivo de insetos galhadores como *S. macrocapillata* (Silveira et al., 2015). Adicionalmente, consideramos as RH como marcas circulares em tons de marrom na superfície adaxial das folhas (Fernandes et al., 2000).

2.4 Quantificação da herbivoria foliar

Coletamos 30 folhas completamente expandidas de 40 indivíduos ($n = 1.200$ folhas). Em seguida, digitalizamos e analisamos tais folhas no programa “ImageJ[®]”. Determinamos o dano foliar pela diferença da área total estimada (cm^2) e área foliar real

(cm²), obtendo assim uma média do dano foliar (%) por indivíduo, de acordo com a seguinte equação:

$$\Sigma \frac{(\text{Área foliar total} - \text{Área foliar real})}{\text{Área foliar real}} \times 100$$

Além disso, coletamos as folhas com incidência de galhas de *S. macrocapitata* em 40 indivíduos de *B. brevipes*. Em seguida, no laboratório e com auxílio de lupa, contabilizamos o número de câmaras larvais por folha, sabendo que em cada está para um galhador.

2.5 Quantificação do conteúdo de silício foliar

Para avaliar se a concentração de Si foliar está relacionada com o dano foliar, por insetos mastigadores e galhadores, analisamos o conteúdo desse mineral em quatro conjuntos de folhas: (1) em 15 folhas (n = 600 folhas) completamente expandidas, saudáveis (sem qualquer indício de dano foliar por herbívoros ou patógenos); (2) no mesmo conjunto de folhas usadas para análise da herbivoria por mastigadores (n = 600); em 50 folhas com galhas de *S. macrocapitata* (n = 50 folhas) as quais separamos as galhas do limbo foliar e realizamos a análise do silício no tecido da galha e no tecido foliar adjacente à mesma; e, por fim, (4) em 50 folhas com marcas de RH e sem indícios de danos por herbívoros ou patógenos (n = 50 folhas). Ressaltamos que indivíduos de *B. brevipes* amostrados não apresentaram galhas ou marcas de RH e por esta razão os conjuntos de folhas apresentaram n = 50.

Realizamos as análises do Si foliar no Laboratório de Análises de Fertilizantes-LAFER, do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Acondicionamos todas as folhas em estufa a uma temperatura média de 50 ° C por 72 horas

para total extração do conteúdo de água e, em seguida, as folhas foram moídas em moinho tipo Willey. Por fim, analisamos a concentração de Si foliar de acordo com os métodos propostos por Körndorfer et al.(2004).

2.6 Análise dos dados

Para avaliar se o conteúdo de silício foliar está relacionado à herbivoria por insetos mastigadores e galhadores, realizamos uma correlação de Spearman entre dano foliar por mastigadores (%) e o conteúdo de silício foliar (%), e por galhadores (sendo este valor considerado o número absoluto de câmaras larvais) e o conteúdo de silício foliar (%). Para avaliar se plantas com respostas previamente estimuladas por *S. macrocapilatta* respondem à alocação de silício nas folhas, uma correlação entre o conteúdo de silício foliar e a quantidade de marcas de RH. Adicionalmente, realizamos uma análise de variâncias (ANOVA e Teste de Tukey) para comparar as médias de conteúdo de silício (variável dependente) entre folhas saudias, com dano por insetos herbívoros mastigadores, tecido foliar adjacente às galhas e folhas com marcas de RH (variável independente categórica) e comparamos, de forma pareada, as quantidades de silício foliar entre folhas saudias x folhas danos por insetos mastigadores.



3 RESULTADOS

O conteúdo de Si foi negativamente correlacionado com a porcentagem de dano foliar por insetos mastigadores ($r = -0,584$, $p = 0,001$, Fig. 1), ou seja, quanto maior a concentração de silício foliar, menor será o dano foliar por esse grupo de insetos.

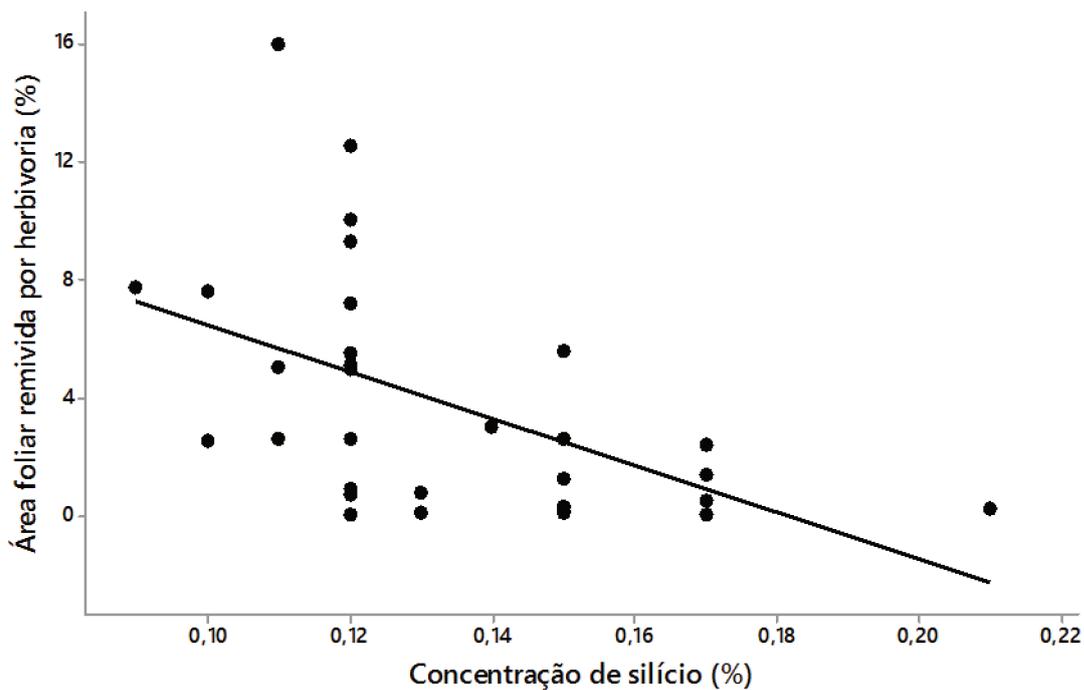


Figura I. Correlação entre o conteúdo de Si e a porcentagem de herbivoria causada por herbívoros mastigadores em *Bauhinia brevipes* (Fabaceae) na Reserva do Panga, Uberlândia, MG.

A abundância das galhas (Fig. 2) não apresentou correlação com o conteúdo de silício foliar ($p > 0,05$), ou seja, a quantidade de câmaras larvais não variou em função desse mineral.

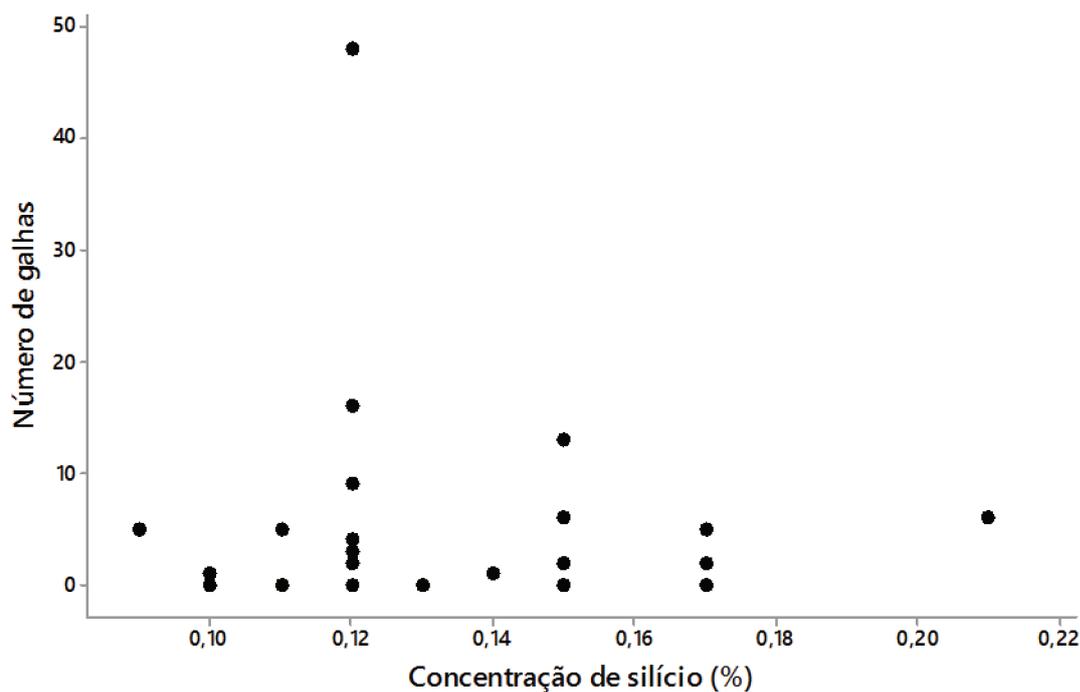


Figura II. Correlação entre o conteúdo de Si foliar e o número de galhas induzidas por *Schizomyia macropillata* (Diptera) em *Bauhinia brevipes* (Fabaceae) na Reserva do Panga, Uberlândia, MG.

O conteúdo foliar de silício não apresentou relação com a quantidade de marcas de RH e não diferiu entre o tecido adjacente às galhas e folhas com RH ($p > 0,05$, Fig. 3). No entanto, esses dois conjuntos de folhas tiveram significativamente mais Si do que folhas sadias (ANOVA, $F = 11,11$; $gl = 3$; $p < 0,001$; Fig. 4). Além disso, o tecido foliar adjacente às galhas apresentou maior quantidade de Si em comparação ao tecido das galhas (Fig. 4). Adicionalmente, o conteúdo de Si não diferiu entre as folhas sadias e galhadas (Test t pareado, $t = 4,83$, $gl = 58$, $p < 0,0001$, $n = 60$, Fig. 5).

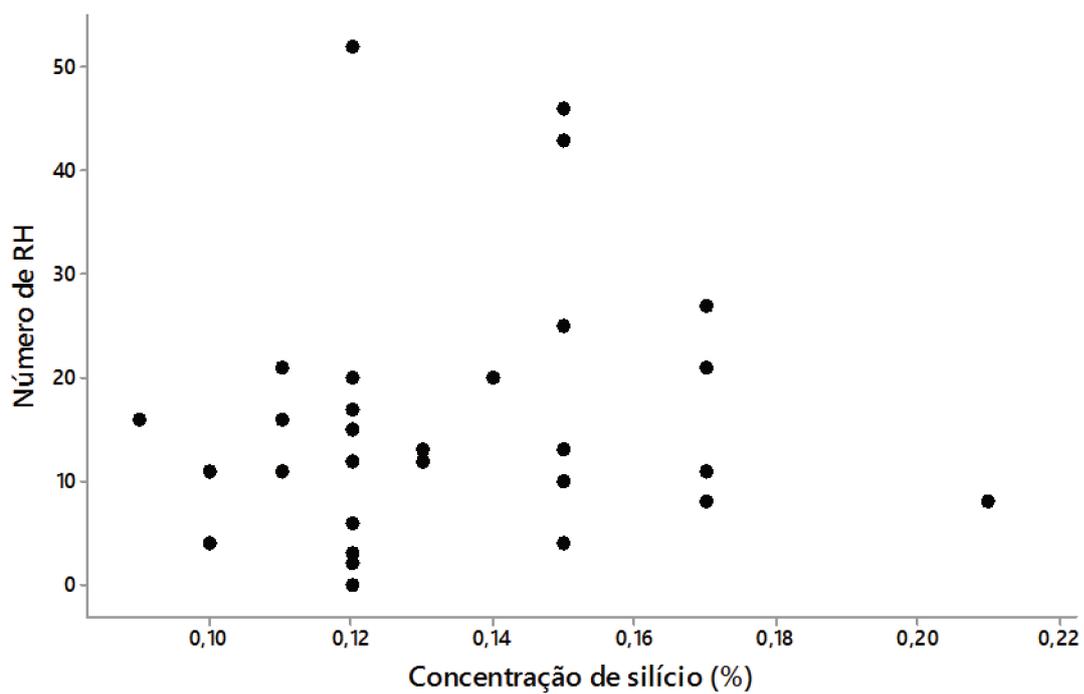


Figura III. Correlação entre conteúdo de Si foliar e o número de reações de hipersensibilidade (RH) contra *Schizomyia macropillata* (Diptera) em *Bauhinia brevipes* (Fabaceae) na Reserva do Panga, Uberlândia, MG.

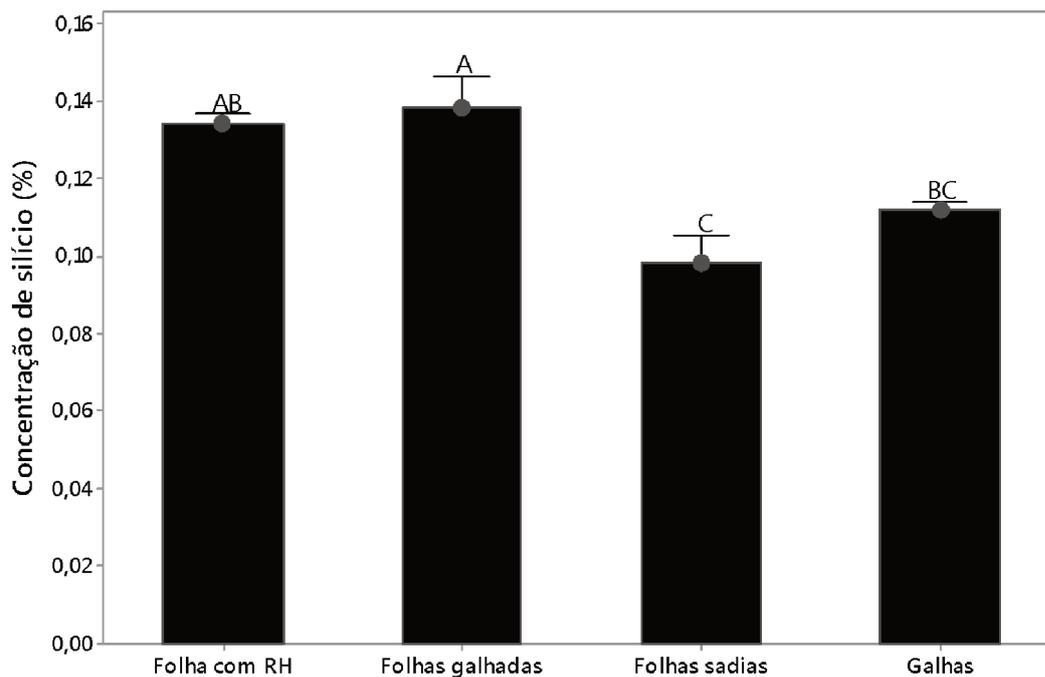


Figura IV. Diferenças entre conteúdo de Si de folhas com galhas (folhas galhadas), folhas com RH (folhas com RH), folhas sadias e de tecidos de galhas induzidas por *Schizomyia macropillata* (Diptera) em *Bauhinia brevipes* (Fabaceae), amostradas na Reserva do Panga, Uberlândia, MG. (ANOVA, $F = 11,11$; $gl = 3$; $p < 0,001$). Médias que não compartilham a mesma letra são significativamente diferentes. (Teste de Tukey).

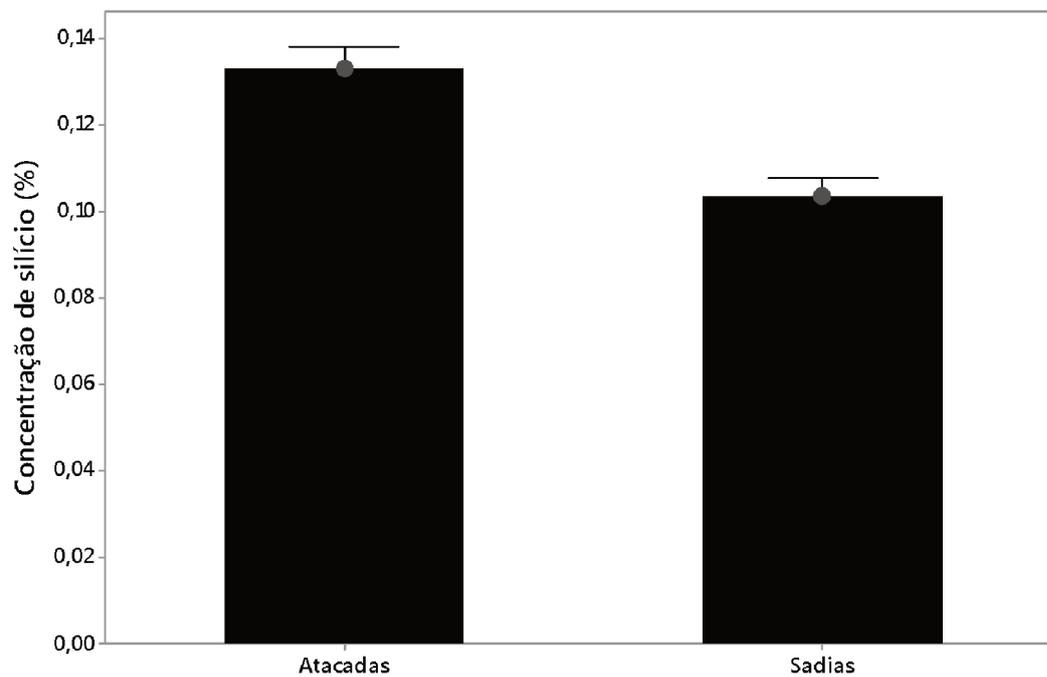


Figura V. Diferenças entre conteúdo de Si entre folhas atacadas por herbívoros mastigadores e folhas sadias (sem ataque de herbívoros ou patógenos) em *Bauhinia brevipes* na Reserva do Panga, Uberlândia, MG.

4 DISCUSSÃO

De forma geral, o conteúdo de silício foliar se relacionou negativamente à herbivoria por insetos mastigadores, corroborando as nossas expectativas. No entanto, não observamos esse padrão para insetos galhadores, para os quais, esperávamos ter preferência por folhas com menor conteúdo de silício. Além disso, não houve relação entre defesas previamente estimuladas (marcas de RH) e o conteúdo de Si, também contrariando as nossas expectativas. No entanto, o conteúdo de Si foi maior que folhas saudáveis, indicando uma possível relação entre o estímulo de formação de galhas e alocação desse mineral.

A primeira hipótese deste estudo havia previsto que quanto maior a taxa de silício na folha, menor seria os danos causados pelos herbívoros mastigadores e galhadores. De fato, os resultados deste estudo mostraram folhas atacadas tiveram maiores taxas de Si do que folhas não atacada por herbívoros mastigadores. Além disso, o aumento da taxa de Si resultou em uma menor taxa de herbivoria pelos mastigadores, corroborando diversos estudos neste sentido (por exemplo, Massey et al. 2006, Kvedaras & Keeping 2007). No entanto, até onde nós sabemos, este estudo foi pioneiro a testar a relação entre a taxa de Si e a abundância de insetos galhadores. Assim, contrariando as nossas expectativas, os resultados mostraram que não houve relação entre a taxa de Si e a abundância de galhas de *Schizomyia macropillata*. Nós acreditamos que isto se deve ao fato de que insetos galhadores sejam capazes de manipular os tecidos e recursos da planta hospedeira para o seu próprio benefício (Shorthouse et al. 2005, Raman et al. 2005), sendo portanto, capazes de manipular as taxas de Si nos tecido. Isto fica mais claro quando testamos a segunda hipótese.

A segunda hipótese deste estudo previa que os insetos galhadores selecionariam as folhas com menores teores de silício para o desenvolvimento das galhas. Portanto, nós esperamos que as folhas galhadas tivessem menos silício do que as folhas não galhadas.

Novamente, contrariando nossas expectativas, os tecidos onde a galha se estabeleceu tiveram mais teores de Si do que os tecidos sem ataque de galhadores. Nós acreditamos que *B. brevipes* seja capaz de mobilizar mais Si para aquelas folhas que foram atacadas pelos galhadores. No entanto, aparentemente, o indutor é capaz de reduzir a concentração de Si nos tecidos das galhas. Nossos resultados mostraram que o tecido da galha teve menor taxa de Si quando comparado com a porção adjacente de tecido não galhado de uma mesma folha galhada. Além disso, as taxas de Si das galhas foram equivalentes as taxas de Si de uma folha sadia. Estes resultados são fortes indícios que de o Si nos tecidos da galha é efetivamente reduzido pelo indutor da galha para deixá-lo para em nível de palatabilidade compatíveis de tecidos sadios.

A terceira hipótese deste estudo previa uma relação positiva entre as taxa de defesa induzida (RH) e a taxa de silício. Nossos resultados mostram que a taxa de silício nas folhas com RH foram maiores quando comparados com tecidos sadios, no entanto, esta taxa não foi correlacionada com o número de RH. Nós acreditamos que neste caso, a mobilização de silício nos tecidos atue de maneira independente do mecanismo de hipersensibilidade. Isto pode ser observado pelos resultados encontrados. Os resultados mostraram que a taxa de Si nas folhas com RH e folhas galhadas foram estaticamente semelhantes. De fato, embora tenhamos dois tipos distintos de folhas, onde as folhas com HR não tem galhas e, portanto, seriam as folhas resistentes ao ataque dos galhadores, e as folhas galhadas onde houve o desenvolvimento de galhas, e neste caso, seriam as folhas susceptíveis; estes dois tipos de folhas possuem em comum o fato que ambos os tipos de folhas foram selecionadas e atacadas por galhadores. Nesta situação de ataque, nós acreditamos que o silício em *B. brevipes* atue com uma defesa induzida como já acontece em outros sistemas (por exemplo, Gomes et al 2005), uma vez que nós observamos uma maior contração deste nutriente após situações bem- ou não-sucedidas de ataque de *S.*

macropillata. Uma hipótese alternativa para o acúmulo de Si nas folhas galhadas, é que este nutriente poderia ser induzido pelo galhador e mantido durante todo o desenvolvimento da galha no intuito de inibir o ataque de insetos mastigadores, evitando assim competição por um mesmo tipo de recurso, no caso as folhas, ou mesmo “predação” de herbívoros que consomem os tecidos das galhas levando a morte do indutor. Esta hipótese é plausível, mas precisa ser testada futuramente.

Finalmente, a quarta e última hipótese previa que os tecidos das galhas teriam maior teor de silício do que nos tecidos adjacentes numa mesma folha. Nós esperávamos que isto pudesse ocorrer como uma forma de mecanismo defesa do galhador contra prováveis herbívoros consumidores de tecido da galha e de inimigos naturais tais como parasitoides, os quais teriam mais dificuldade para inserir seus ovipositores no tecido da galha. No entanto, como relatado anteriormente, nós encontramos justamente o contrário. Os resultados mostraram que os tecidos adjacentes à galha tiveram maiores taxa de silício quando comparado com tecidos onde a galha se desenvolveu. Portanto, acreditamos que a diminuição do Si nos tecidos das galhas seria mais vantajosa nutricionalmente para indutor do que manter as altas taxas deste nutriente nos tecidos com o intuito de se defender contra prováveis herbívoros/inimigos naturais.

5 CONCLUSÃO

Concluimos que este estudo mostrou que taxa de silício é um importante mecanismo de defesa contra o ataque de insetos mastigadores e aparentemente pouco eficaz contra insetos galhadores. Além disso, é possível que o Si esteja atuando como uma defesa induzida contra herbívoros, mas de forma independente da reação de hipersensibilidade, pois houve um aumento da concentração deste nutriente nos tecidos atacados por galhadores e mastigadores. Por fim, sugere-se ainda que os insetos galhadores sejam capazes de manipular as concentrações de Si nos tecidos com o intuito de melhorar a qualidade nutricional dos tecidos atacados.

6 REFERÊNCIAS

- AOYAMA, M.E.; LABINAS, M.A. **Características estruturais das plantas contra a herbivoria por insetos.** *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 8, n.15, p. 365. 2012.
- CAIN, L.M.; BOWMAN, D.W.; HACKER, D.S. **Ecologia.** Porto Alegre: Artmed, 2011.
- CARDOSO, E.; SCHIAVINI, I. **Relação entre distribuição de espécies arbóreas e topografia em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG).** *Rev. Brasil. Bot.* v. 25; p. 277-289. 2002.
- CHAPIN III, S.F.; P.A. MATSON, H.A. **Principles of terrestrial ecosystem ecology.** Springer, Nova Iorque. 2002.
- CORNELISSEN, T.G.; NEGREIROS, D.; FERNANDES, G.W. **Plant resistance against gall-forming insects: the role of hypersensitivity.** In: M.R. Wagner, K.M.; Clancy, F. Lieutier (Eds.), *Mechanisms and deployment of resistance in trees to insects.* Netherlands: Kluwer Academic Publishers. p. 137-152.2002.
- DEL-CLARO, KLEBER; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. **Ecologia das Interações Plantas-Animais: Uma Abordagem Ecológico-Evolutiva.** University Of Saint Louis, Mo, Usa: Technical Books Livraria. p. 336. 2011.
- FERNANDES G.W.; CORNELISSEN T.G.; LARA T.A.F.; ISAIAS R.M.S. **Plants fight gall formation: hypersensitivity.** Brazilian Association for the Advancement of Science, São Paulo. v.52, n.1, p.49-54. 2000.
- GARBUZOV, M.; REIDINGER, S.; HARLEY, S.E. **Interactive effects of plants-available soil silicon and herbivory on competition between two grass species.** *Annals of Botany*, Oxford. v. 108; p. 1355-1363. 2011
- GOMES, F.B.; MORAES, J.C.; SANTOS, C.D. & GOUSSAIN, M.M. (2005) **Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids.** *Scientia Agricola*, v. 62; p. 547–551.2005.
- KORNDORFER, A.P.; GRISOTO, E.; VENDRAMIM, J.D. **Induction os insect plant resistance to the spittlebug *Mahanarva fimbriolata* Stal (Hemiptera: Cercopidae) in sugarcane by silicon application.** *Neotropical Entomology*, Piracicaba (SP). v. 40(3); p. 387-392.2010.

- KVEDARAS, O.L., KEEPING, M.G. **Silicon impedes stalk penetration by the borer *Eldana saccharina* in sugarcane.** Entomologia Experimentalis Applicata, v. 125; p. 103–110. 2007.
- LAING, M.D.; GATARAYIHA, M.C.; ADANDONON, A. **Silicon use for pest control in agriculture: a review.** Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association, v. 80, p. 278–286.2006.
- MANI, M.S. **Ecology of plant galls.** The Hague. Dr. W. Junk Publishers, 1964.
- MARQUIS, R.J.; DEL-CLARO, K.; TOREZAN-SILINGARDI, H.M. **Uma abordagem geral das defesas das plantas contra a ação de herbívoros.** Ecologia das interações plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva. Technical Books. Rio de Janeiro. p. 55-66.2012.
- MASSEY, F. P., ENNOS, A. R.; HARTLEY, S. E. **Silica in grasses as a defence against insect herbivores: contrasting effects on folivores and a phloem feeder.** Journal of Animal Ecology, v. 75; p. 595–603. 2006.
- RAMAN, A.; SCHAEFER, C. W.; WITHERS, T. M. **Biology, ecology, and evolution of gall-inducing arthropods.** Science Publishers Inc., New Hampshire, vol. 1 and 2; p. 817.2005.
- RICKLEFS, R.E. **A Economia da Natureza.** 6ª ed. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. p.521.2010.
- SANTOS, J.C; SILVEIRA, F.A.O; FERNANDES, G.W. **Long term oviposition preference and larval performance of *Schizomyia macrocapillata* (Diptera: Cecidomyiidae) on larger shoots of its host plant *Bauhinia brevipes* (Fabaceae).** Evolutionary Ecology v. 22; p. 123–137.2008.
- SÁ, C.E.M; SILVEIRA, F.A.O; SANTOS, J.C; ISAIAS, R.M.S; FERNANDES, G.W. **Anatomical and developmental aspects of leaf galls induced by *Schizomyia macrocapillata* Maia (Diptera: Cecidomyiidae) on *Bauhinia brevipes* Vogel (Fabaceae).** Revista Brasileira de Botânica v. 32; p. 319–327.2009
- SANTOS J.C.; SILVEIRA F.A.O.; FERNANDES G.W. **Long term oviposition preference and larval performance of *Schizomyia macrocapillata* (Diptera: Cecidomyiidae) on larger shoots of its host plant *Bauhinia brevipes* (Fabaceae).** Evolutionary Ecology, Belo Horizonte. v. 22(1); p. 123-137.2008.

SANTOS, J.C.; FERNANDES, G.W. **Interactions of gall-forming species at different plant spatial scales.** *Arthropod-Plant Interactions*, Belo Horizonte. v. 4; p. 247–255. 2010.

SANTOS, J.C.; CARNEIRO, M.A.A.; FERNANDES, G.W. **Insetos galhadores neotropicais: diversidade e ecologia evolutiva dos herbívoros mais sofisticados da natureza.** **Torezan-Silingardi, H.M & Del-Claro, K. (Orgs.).** *Ecologia das interações plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva.* Rio de Janeiro, Technical Books. p: 183-199.2012

SHORTHOUSE, J. D.; D. WOOL & A. RAMAN. **Gall-inducing insects – Nature’s most sophisticated herbivores.** *Basic and Applied Ecology* v. 6; p. 407-411.2005

SILVA, E. M.; ASSUNÇÃO, W. L. **O clima na cidade de Uberlândia.** *Sociedade & Natureza*, Uberlândia. v. 16; p. 91-107. 2004.

SILVEIRA, F.A.O; SANTOS, J.C; FRANCESCHINELLI, E.V; MORELLATO, L.P.C; FERNANDES, G.W. **Costs and benefits of reproducing under unfavorable conditions: an integrated view of ecological and physiological constraints in a cerrado shrub.** *Plant Ecology* v. 216; p. 963-974.2015.

VAZ, A.M.S.F; TOZZI, A.M.G.A. ***Bauhinia* ser. *Cansenia* (Leguminosae: Caesalpinioideae) no Brasil.** *Rodriguésia* v. 54; p. 55-143.2003