

**INFLUÊNCIA DA COMPLEXIDADE ESTRUTURAL DE *Macairea radula* (BONPL.) DC. SOBRE A PERDA FOLIAR POR HERBIVORIA EM ÁREAS ALTERADAS DA FAZENDA DESTINO, RIBEIRÃO CASCALHEIRA-MT.**

Letícia Gomes<sup>1,3</sup>, Mariângela Fernandes Abreu<sup>1</sup>, Leandro Maracahipes<sup>2</sup>, Simone Matias Reis<sup>1</sup> e Eddie Lenza<sup>1</sup>

1-Universidade do Estado de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Nova Xavantina, MT, Brasil.

2- Universidade Federal de Goiás – UFG (Lab. Ecologia e Funcionamento de Comunidades)

3- [leticiagomesbio@gmail.com](mailto:leticiagomesbio@gmail.com)

**Resumo:** Partindo-se da hipótese de que a complexidade estrutural da planta hospedeira influencia na taxa de herbivoria foliar, o objetivo deste trabalho foi analisar a influência da complexidade estrutural de *Macairea radula* sobre a perda foliar por herbivoria em áreas alteradas da Fazenda Destino, Ribeirão Cascalheira-MT. Foram selecionados 45 indivíduos de *M. radula* distribuídos em três ambientes (alagado, úmido e seco). Como variáveis de complexidade estrutural, foi utilizada para cada indivíduo: área foliar, altura total, diâmetro, número de ramos, número de folhas, biomassa seca e distância dos indivíduos mais próximos.

A complexidade estrutural foi, no geral, diferente entre os ambientes, porém, a perda de herbivoria foliar foi semelhante. Além disso, no ambiente alagado a perda de herbivoria foliar não apresentou correlação (*Spearman*) com nenhuma das variáveis preditoras. No ambiente úmido a perda de herbivoria foi positivamente correlacionada (correlação de *Spearman*:  $r_s=0,57$ ;  $p<0,05$ ) apenas com o número de folhas. Já em ambiente seco a perda de herbivoria foi negativamente correlacionada (correlação de *Spearman*:  $r_s=-0,63$ ;  $p<0,05$ ) apenas com diâmetro dos indivíduos. Tendo em vista a pouca correlação entre as variáveis analisadas, podemos concluir que a perda de herbivoria foliar não foi influenciada pela complexidade arquitetônica da planta hospedeira mesmo em áreas diferentes arquitetonicamente, não corroborando assim com a hipótese de complexidade estrutural.

**Palavras-chaves:** correlação, biomassa seca, diâmetro, planta hospedeira

**Abstract:** Starting from the hypothesis that the structural complexity of the host plant influences the rate of leaf herbivory, the objective of this study was to analyze the influence of structural complexity *Macaírea radula* over the loss of leaf herbivory in disturbed areas of farm Destino Ribeirão Cascalheira-MT. We selected 45 individuals of *M. radula* distributed in three environments (flooded, moist and dry). The variables of structural complexity, was used for each individual leaf area, total height, diameter, number of branches, leaf number, biomass and distance of closest individuals. The structural complexity was, in general, different between the sites, however, the loss of leaf herbivory was similar. Furthermore, in the wetland environment loss herbivory leaf showed no correlation (Spearman) with any of the predictors. In humid conditions the loss of herbivory was positively correlated (Spearman correlation:  $r_s = 0.57$ ,  $p < 0.05$ ) only with the number of leaves. Since the loss in dry herbivory was negatively correlated (Spearman correlation:  $r_s = -0.63$ ,  $p < 0.05$ ) with a diameter of individuals. Given the low correlation between the variables, we can conclude that the loss of leaf herbivory was not influenced by the architectural complexity of the host plant even in areas different architecturally, not thus corroborating the hypothesis of structural complexity.

**Keywords:** correlation, dry weight, diameter, host plant

## **Introdução**

O estudo das interações plantas-animais é de essencial importância para a compreensão dos processos que regulam e estruturam a comunidade (Del Claro 2012). No caso de interações por herbivoria, ou seja, o consumo de partes vegetativas e reprodutivas das plantas por animais ou patógenos, essas interações podem afetar, no geral, as teias alimentares, a ciclagem de nutrientes e a diversidade da comunidade (Coley & Barone 1996). E especificamente alterar o crescimento, a reprodução e a sobrevivência do hospedeiro (Crawley 1989, Medeiros & Morretes 1995, Sargers & Coley 1995).

Várias hipóteses têm sido propostas para entender os padrões descritos ao ataque de insetos herbívoros em várias escalas ecológicas. Uma delas é a hipótese da complexidade estrutural (Lawton 1983, Collevatti & Hay 1996) que prediz que a maior complexidade arquitetônica das plantas permite uma maior colonização de herbívoros devido à maior riqueza de micro-habitats, e maior disponibilidade de recursos, ao qual tem sido apoiada

por vários estudos (Lawton 1983, Strong *et al.* 1984, Alonso & Herrera 1996, Haysom & Coulson 1998, Marquis *et al.* 2002, Rudgers & Whitney 2006, Woodcock *et al.* 2007).

Diferentes traços funcionais de plantas hospedeiras podem influenciar o desempenho, a distribuição e abundância de insetos herbívoros (Del Claro 2012). Esses traços podem ser as defesas físicas (presença de espinhos e tricomas), químicas (presença de alcaloides e/ou taninos) e abióticas (associação com espécies protetoras) (Harborne 1988, Coley & Barone 1996, Del Claro 2012). Porém, a heterogeneidade espacial no ambiente físico do solo pode modificar a expressão fenotípica dessas defesas dentro da espécie estudada, podendo assim explicar a grande variação nos resultados de taxa de herbivoria (Coley 1983, Coley & Barone 1996, Del Claro 2012). Neste caso, estas variações são explicadas pela história de vida das espécies envolvidas, que irão influenciar na variação de suas características (Espírito-Santo *et al.* 2007).

*Macairea radula* DC. (Melastomataceae) é uma espécie arbustiva, de até 2 m de altura, ramificada, sempre verde, perene, encontrada associada ou não ao curso d'água (Gonçalves-Alvim *et al.* 1999, Becker & Adamski 2008, Somavilla 2011). Além disso, apresenta associações com galhas endógenas nas axilas de suas folhas jovens (Becker & Adamski 2008, Lara *et al.* 2008, Somavilla 2011). Somavilla (2011) e Gonçalves-Alvim *et al.* (1999) avaliaram a relação de insetos galhadores nesta espécie. Porém, até o momento há uma escassez de trabalhos que avaliem a perda de área foliar por herbivoria nesta. Desta forma, estudos locais são de grande importância para serem somados á outros trabalhos para a compreensão regional dessas interações e necessários para verificar se a teoria de complexidade estrutural também é válida para outras espécies filogeneticamente não relacionadas e em diferentes ambientes.

Levando em consideração a escassez de trabalhos, a complexidade e as incertezas da compreensão dos mecanismos subjacentes, o objetivo do presente trabalho foi analisar a influência da complexidade estrutural dos indivíduos de *Macairea radula* (Bonpl.) DC. (Melastomataceae) sobre a perda de herbivoria foliar em áreas alteradas da Fazenda Destino, Ribeirão Cascalheira-MT, partindo da hipótese de que quanto maior a área foliar, altura, diâmetro, número ramos, número de folhas, biomassa seca e distância dos indivíduos mais próximos, maior será a perda de herbivoria foliar.

## **Materiais e métodos**

O estudo foi realizado em áreas alteradas da Fazenda Destino, Ribeirão Cascalheira-MT (12°51'S, 052°05'W) no período chuvoso (novembro de 2011). Foram

selecionadas três ambientes com diferentes níveis de umidade: alagado (margem de um lago), úmido (campo úmido) e seco (pasto seco). Em cada ambiente foi demarcado um transecto de 30 m, com o auxílio de uma trena, onde foram amostrados os primeiros 15 indivíduos de *Macairea radula* unidos a linha, totalizando assim 45 indivíduos (Figura 1).



**Figura 1** Ambiente alagado (A), úmido (B) e seco (C) da área de estudo na Fazenda Destino, Ribeirão Cascalheira-MT.

Foram tomadas para todos os indivíduos as medidas de diâmetro, altura e a distância interespecífica e intraespecífica dos quatro vizinhos mais próximos em um raio de 1 metro. As medições de altura da planta e distância da planta mais próxima foram feitas por meio de uma fita métrica e o DAS (diâmetro á altura do solo) por meio de um paquímetro. Também foram contados os números de ramos primários, número de folhas total e o numero de folhas com herbivoria. Neste caso, foram consideradas como herbivoradas as folhas que apresentaram perdas visíveis produzidas por insetos mordedores. Marcas realizadas por insetos minadores e raspadores não foram observadas durante o período de estudo.

Posteriormente em laboratório, foram sorteadas 10 folhas de cada indivíduo, totalizando 450 folhas, que foram digitalizadas e calculadas a área foliar total ( $\text{cm}^2$ ) e a área herbivorada ( $\text{cm}^2$ ), com o auxílio do programa Image J. Em seguida, foi calculada a área foliar perdida, através da seguinte fórmula: perda de herbivoria=área perdida/área total\*100. Em seguida, foram secas em estufa e pesadas em balança de precisão.

Para testar as diferenças entre os parâmetros de complexidade e a perda de herbivoria nos diferentes ambientes foi utilizado o teste de *Kruskal-Wallis One-Way* devido a não normalidade dos dados. O teste de Correlação de *Spearman (Spearman Rank)* foi utilizado para verificação da existência de correlações entre a perda de herbivoria e as variáveis de área foliar, altura total, diâmetro, número ramos, número de folhas, biomassa seca, distancia interespecífica e intraespecífica. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do programa Statistica 7.0.

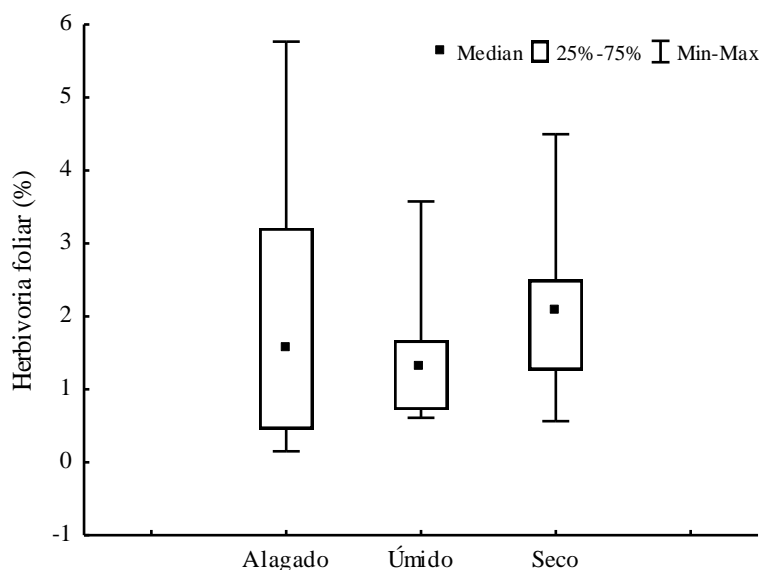
## Resultados

A complexidade estrutural das áreas foi, no geral, diferente entre os ambientes (Tabela 1). Porém não foram encontradas diferenças significativas ( $KW=3,72$ ;  $p = 0,19$ ) na perda de herbivoria foliar entre os ambientes observados (alagado =  $2,7\% \pm 4$ ; úmido =  $1,4\% \pm 0,8$ ; seco  $2\% \pm 0,9$ ) (Figura 2).

**Tabela 1** Diferenças da complexidade estrutural dos indivíduos de *Macairea radula* entre os ambientes estudados (alagado, úmido e seco) da Fazenda Destino, Ribeirão Cascalheira-MT.

Variáveis	Média ± Desvio padrão			Kruskal-Wallis (KW) gl.= 2; N=45
	Alagado	Úmido	Seco	
Altura (cm)	$61,7 \pm 8,9^A$	$102,2 \pm 29,6^B$	$114,1 \pm 41^B$	KW = 21,46; $p = 0,00^*$
Diâmetros (cm)	$0,08 \pm 0,02^A$	$0,12 \pm 0,06^{A,B}$	$0,14 \pm 0,08^B$	KW = 7,75; $p = 0,021^*$
Número de ramos	$2,5 \pm 1^A$	$3 \pm 1,9^A$	$3 \pm 1,3^A$	KW = 0,56; $p = 0,75$
Número de folhas	$32,7 \pm 12,9^A$	$80,6 \pm 66^{A,B}$	$122,7 \pm 90,1^B$	KW = 13,32; $p = 0,00^*$
Área foliar (cm <sup>2</sup> )	$43,4 \pm 9,2^A$	$42 \pm 6,6^A$	$31 \pm 8,5^B$	KW = 13,07; $p = 0,00^*$
Biomassa seca (g)	$5,9 \pm 1,4^{A,B}$	$6,8 \pm 1,1^A$	$5,2 \pm 1,9^B$	KW = 7,62; $p = 0,02^*$
Dist. intraespecífica (cm)	$28,4 \pm 30,3^A$	$58,5 \pm 27,6^B$	$63,5 \pm 22,7^B$	KW = 15,36; $p = 0,00^*$
Dist. interespecífica (cm)	$64 \pm 38,3^A$	$40,5 \pm 17,5^A$	$49,5 \pm 23,3^A$	KW = 2,78; $p = 0,25$

\* – diferença significativa,  $p < 0,05$ , letras sobrescritas representam a similaridade entre as áreas.



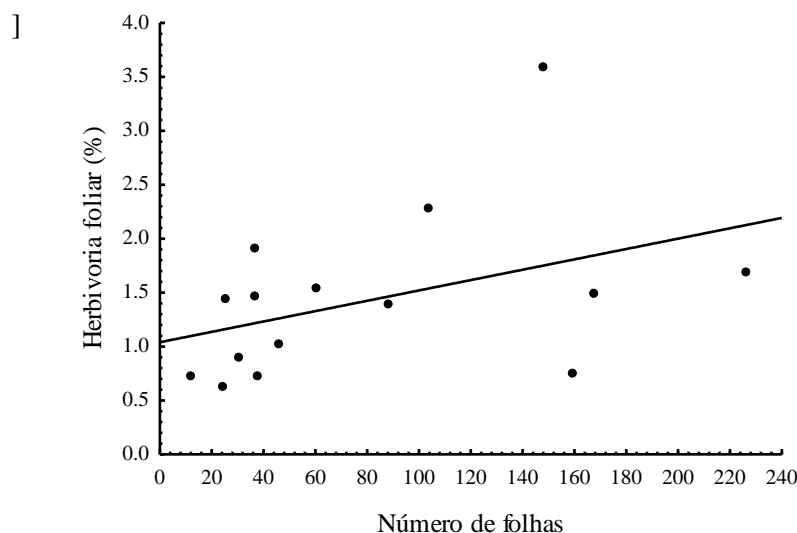
**Figura 2** Herbivoria foliar (%) de folhas de *Macairea radula* em três ambientes da Fazenda Destino, Ribeirão Cascalheira-MT. Median= mediana; Min= mínimo; Max= máximo.

A perda de herbivoria no ambiente alagado não apresentou correlação (*Spearman*) com nenhuma das variáveis preditoras (Tabela 2). No ambiente úmido a perda por herbivoria foi positivamente correlacionada (correlação de *Spearman*:  $r_s=0,55$ ;  $p<0,05$ ) apenas com o número de folhas (Figura 3, Tabela 2). Já em ambiente seco a perda por herbivoria foi negativamente correlacionada (correlação de *Spearman*:  $r_s= -0,59$ ;  $p<0,05$ ) apenas com diâmetro do indivíduo (Figura 4, Tabela 2).

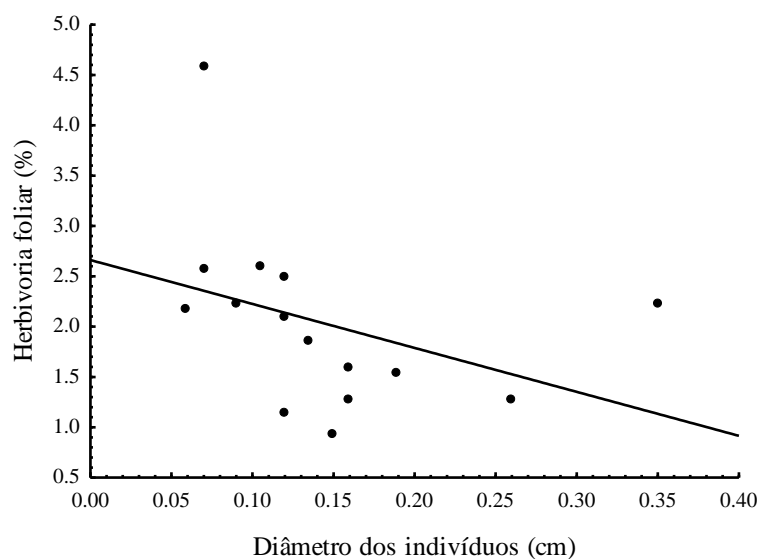
**Tabela 2** Correlação entre os parâmetros de complexidade estrutural e a taxa de herbivoria de *Macairea radula* entre os ambientes estudados (alagado, úmido e seco) da Fazenda Destino, Ribeirão Cascalheira-MT. Ar= área foliar, Diâ= diâmetro, Alt=altura, N°F=número de folhas, N°R= número de ramos primários, BS= biomassa seca, INTR= distancia intraespecífica, INTE=distancia interespecífica.

	Ar	Diâ	Alt	Variáveis Estruturais			INTR	INTE
				N°F	N°R	BS		
Alagado	-0,51	0,09	-0,30	-0,16	0,11	-0,42	0,37	-0,17
Úmido	-0,26	0,43	0,35	0,55*	0,39	0,03	0,51	0,19
Seco	0,16	-0,59*	-0,20	-0,37	0,29	0,14	-0,37	-0,18

\* – Correlações significativas



**Figura 3.** Diagrama de correlação entre a herbivoria foliar e o número de folhas de indivíduos de *Macairea radula* em ambiente úmido na Fazenda Destino, Ribeirão Cascalheira-MT.



**Figura 4** Diagrama de correlação entre a herbivoria foliar e o diâmetro dos indivíduos de *Macairea radula* em ambiente seco na Fazenda Destino, Ribeirão Cascalheira-MT.

## Discussão

Apesar das áreas estudadas apresentarem diferenças quanto a complexidade estrutural a herbivoria foliar foi semelhante entre estas. Além disso, no ambiente alagado não houve nenhuma correlação entre os parâmetros complexidade estrutural da planta com a herbivoria foliar. Muitos trabalhos também não encontraram correlação entre a herbivoria foliar com a altura (Price *et al.* 1998, Medinaceli *et al.* 2004) e área foliar (Medinaceli *et al.* 2004, Varanda & Pais 2006, Eutrópico & Silva 2009, Krohling *et al.* 2010). Porém, esta ausência de correlação entre porcentagem de herbivoria perdida e as variáveis ambientais analisadas pode estar relacionada com a hipótese *ideal free distribution* de que prediz uma distribuição geográfica uniforme de herbívoros para que seja otimizada a utilização dos recursos (Williams *et al.* 2001). Vale a pena ainda ressaltar que a agregação de herbívoros em manchas de recurso pode elevar a competição local, favorecendo o deslocamento em busca de outras manchas (Strong *et al.* 1984).

Para o ambiente úmido houve correlação de herbivoria foliar apenas para o número de folhas, corroborando assim com a hipótese de complexidade estrutural. Benítez-Malvido & Lemus-Albor (2005) também encontraram correlação entre a herbivoria e o número de

folhas em áreas de borda. Este resultado pode ser explicado pelo fato do maior número de folhas estarem disponibilizando maior quantidade de recursos a comunidade de insetos herbívoros (Lawton 1983, Collevatti & Hay 1996).

A correlação negativa entre a herbivoria foliar e o diâmetro dos indivíduos para o ambiente seco, pode estar supostamente relacionado com o maior número de folhas jovens encontrados nos diâmetros inferiores. Pois, folhas jovens são mais susceptíveis a danos causados por herbívoros, devido à mudança de qualidade nutricional das folhas, neste caso folhas adultas apresentam baixos teores de água e nitrogênio, o que aumenta as fibras e a substâncias como taninos e compostos fenólicos, resultando no aumento da resistência físico-mecânica foliar (Scriber & Slansky 1981). Porém deve-se ressaltar que não foram comparadas as taxas de herbivoria foliar entre folhas jovens e adultas, devido ao fato de a maioria dos indivíduos das áreas, não apresentarem folhas jovens durante o período de estudo, para então possibilitar um teste adequado para esta hipótese.

De modo geral, poucos aspectos estruturais das plantas de *Macairea radula* corroboraram com a relação entre a complexidade estrutural e as taxas de herbivoria. Tal fato descarta a hipótese inicial de que a complexidade estrutural aumentaria a herbivoria foliar de *Macairea radula*, mesmo em áreas diferentes. Porém, muitos outros fatores poderiam estar afetando a herbivoria nesta área como as síndromes químicas ou nutricionais de defesa da planta (Coley 1983), a sazonalidade (Filip 1995, Coley & Barone 1996), a luminosidade (Sagers 1992, Dimarco *et al.* 2004), a idade da folha (Coley & Barone 1996, Eutrópio & Silva 2009, Krohling *et al.* 2010), o sexo (Wallace & Rundel 1979, Hoffman & Alliende 1984, Jing & Coley 1990) e o solo (Edwards *et al.* 2000, Fine *et al.* 2004). Neste caso, sugerem-se estudos relacionados com outras variáveis não avaliadas no presente estudo.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem aos Programas de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da UNEMAT e de Ecologia da UnB e ao PROCAD pelo apoio logístico e financeiro oferecido na disciplina de Curso de Campo. Também agradecemos à administração da Fazenda Destino pela oportunidade de poder trabalhar na região.



## Referências bibliográficas

Alonson C, Herrera CM (1996) Variation in herbivory within and among plants of *Daphne Laureola* (Thymelaeaceae): correlation with plant size and architecture. **The Journal of Ecology** 84: 495-502.

Becker VO, Adamski D (2008) Three new cecidogenous *Palaeomystella* Fletcher (Lepidopter, Coleophoridae, Monophinae) associated with Melastomataceae in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia** 52(4): 647-657.

Benítez-Malvido J, Lemus-Albor A (2005) The Seedling Community of Tropical Rain Forest Edges and Its Interaction with Herbivores and Pathogens. **Biotropica** 37(2): 301-313.

Coley PD (1983) Herbivory and defense characteristics of tree species in lowland tropical forest. **Ecological Monographs** 53: 209-233.

Coley PD, JA Barone (1996) Herbivory and plant defenses in tropical forests. **Annual Review of Ecology and Systematics** 27: 305–335.

Collevatti RG, Hay JD (1996) Arquitetura e riqueza de herbívoros em *Ouratea hexasperma* Baill. (Ochnaceae), em um cerrado da reserva ecológica do IBGE, Brasília, DF. In, Leite LL, Saito CH. **Contribuição ao conhecimento Ecológico do Cerrado-Trabalhos selecionados do 3º o Congresso de Ecologia do Brasil**. Brasília, Dept. Ecologia-Universidade de Brasília.

Crawley MJ (1989) Insect herbivores and plant population dynamics. **Annual Review of Entomology** 34, 531-564.

Del-Claro K (2012) Origens e importâncias das relações plantas-animais para a ecologia e conservação. In, Del-Claro K & Torezan-Silingardi HM **Ecologia das interações Plantas-Animais: Uma abordagem ecológico-evolutiva**. Rio de Janeiro, Technical books editor, pp 37-50.

Dimarco R, Russo G, Farji-Brener AG (2004) Patrones de herbivoría en seis especies leñosas del bosque templado de América del Sur: evidencia preliminar a favor de la hipótesis del balance carbono-nutrientes. **Ecologia Australis** 14: 39-43.

Edwards C, Read J, Sanson Gm (2000) Characterising sclerophylly: some mechanical properties of leaves from heath and forest. **Oecologia** 123: 158-167.

Espírito-Santo MM, Neves FS, Andrade-Neto FR, Fernandes GW (2007). Plant architecture and meristem dynamics as the mechanisms determining the diversity of gall-inducing insects. **Oecologia** 153: 353–364.

Eutrópio FJ & Silva AG (2009) Análise comparada de perda de área em folhas jovens e adultas de *Croton* sp. (Euphorbiaceae) na REBIO de Duas Bocas, Cariacica, Espírito Santo, Sudeste do Brasil. **Natureza on line** 7 (1): 27-30.

Filip V, Dirzo R, Maass JM, Sarukhan J (1995) Within- and among-year variation in the levels of herbivory on the foliage of trees from a Mexican tropical deciduous forest. **Biotropica** 27:78–86

Fine PVA, Mesones I, Coley PD (2004) Herbivores promote habitat specialization by trees in Amazonian forests. **Science** 305:663–665.

Gonçalves-Alvim SJ, Landau EC, Fagundes M, Silva VG, Nunes YRF, Fernandes GW (1999). Abundance and impact of a lepidopteran gall on *Macairea* sp. (Melastomataceae) in the Neotropics. **International Journal of Ecology and Environmental Sciences** 25: 115-125.

Harbone JB (1988) **Introduction to ecological biochemistry**. 4 ed. London, Academic Press.

Hayson KA, Coulson JC (1998) The Lepidoptera fauna associated with *Calluna vulgaris*: effects of plant architecture on abundance and diversity. **Ecological Entomology** 23: 377-385.

Hoffmann AJ, Lliende MCA (1984). Interactions in the patterns of vegetative growth and reproduction in woody dioecious plants. **Oecologia** 61: 109-114.

Jing SW, Oley PDC (1990) Dioecy and herbivory: the effect of growth rate on plant defense in *Acer negundo*. **Oikos** 58: 369-377.

Krohling CA, Eutrópio FJ, Silva AG (2010) Interações inseto-planta em *Solanum hexandrum* Vell. (Solanaceae): polinização e herbivoria na Reserva Biológica de Duas Bocas, Cariacica, Espírito Santo. **Natureza on line** 8 (2): 78-85.

Lawton JH (1983) Plant architecture and the diversity of phytophagous insects. **Annual Review of Entomology** 28: 23-29.

Lara DP, Oliveira LA, Azevedo IFP, Xavier, MF, Silveira, FAO (2008) Relationships between host plant architecture and gall abundance and survival. **Revista Brasileira de Entomologia** 52(1): 78-81.

Marquis RJ, Lill JT, Piccinni A (2002) Effect of plant architecture on colonization and damage by leafywing caterpillars of *Quercus alba*. **Oikos** 99: 531-537.

Medeiros JD, Morretes L (1995) Dimensões da folha e herbivoria em *Miconia cubucu* Hoehne (Melastomataceae). **Biotemas** 8: 97-112.

Medinaceli A, Miranda-Avilés F, Flores-Saldaña NP, Gutierrez-Calucho E (2004) Herbivoría en relación al tamaño de la planta y a las diferencias de exposición de *Pilea* sp. (Urticaceae) en La Estación Biológica Tunquini, Cotapata, La Paz-Bolivia. **Eco. En Bolivia** 39: 4-8.

Price PW, Roininen H, Zinovjev A (1998) Adaptive radiation of gall-inducing sawflies in relation to architecture and geographic range of willow host plants. In, Csóka G, Mattson WJ, Stone GN & Price PW **Biology of gall-inducing arthropods**. St. Paul, USDA Tech., pp 196-203.

Rudgers JA, Whitney KD (2006) Interactions between insect herbivores and a plant architectural dimorphism. **Journal of Ecology** 94: 1249-1260.

Scriber JM, Slansky Jr (1981) The nutritional ecology of immature insect. **Annual Review of Entomology** 26: 183-211.

Somavilla NS (2011) **Aspectos anatômicos, fenológicos e ecofisiológicos de Melastomataceae em vereda e cerrado sensu stricto**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Botânica, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF

Sagers CL (1992) Plasticity of plant defenses in a neotropical shrub: effects of light and genotype. **Bulletin of the Ecological Society of America** 73: 332.

Sagers CL, Coley PD (1995) Benefits and costs of plant defense in a neotropical shrub. **Ecology** 76: 1835-1843

Strong DR, Lawton JH, Southwood TRE (1984) **Insect on plants**: community patterns and mechanisms. Oxford, Blackwell Scientific Publications.

Varanda EM, Pais MP (2006) Insect folivory in *Didymopanax vinosum* (Apiaceae) in a vegetation mosaic of Brazilian cerrado. **Brazilian Journal of Biology** 66: 587-595.

Wallace CS, Rundel PW (1979) Sexual dimorphism and resource allocation in male and female shrubs of *Simmondsia chinensis*. **Oecologia** 44: 34-39.

Williams IS, Jones TH, Hartley S (2001) The role of resources and natural enemies in determining the distribution of an insect herbivore population. **Ecological Entomology** 26: 204-211.

Woodcock BA, Potts SG, Westbury DB, Ramsay AJ, Lambert MS, Harris J, Brown VK (2007) The importance of sward architectural complexity in structuring predatory and phytophagous invertebrate assemblages. **Ecological Entomology** 32: 302-311.