

Influência dos fungos endofíticos sobre os herbívoros de *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae)

The influence of the endophytic fungi on the herbivores from *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae)

Yumi Oki^{1*}

yumioki1@gmail.com

Núbia Soares¹

nubiasoares@yahoo.com.br

Michel Stórquio Belmiro¹

michelstorquio@yahoo.com.br

Ary Corrêa Junior²

a_correa@icb.ufmg.br

G. Wilson Fernandes¹

gwilson@icb.ufmg.br

Resumo

Os fungos endofíticos possuem um papel importante na mediação das interações planta-herbívoros, planta-patógenos e planta-ambiente. Para compreender a interação entre os fungos endofíticos e *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae) e deste com os herbívoros, foram investigadas as seguintes hipóteses: (i) o número de espécies de endofíticos (riqueza) aumenta com a idade foliar; (ii) a riqueza de endofíticos nas folhas varia com a sazonalidade; (iii) a riqueza de endofíticos varia conforme o sexo do vegetal; (iv) há correlação negativa entre a riqueza de endofíticos e a riqueza de herbívoros; e (v) há correlação negativa entre a riqueza de endofíticos e a abundância de herbívoros. Para este estudo, folhas de *B. dracunculifolia* foram coletadas mensalmente na Estação Ecológica da UFMG, de outubro de 2006 a agosto de 2007. Ao todo, foram encontradas oito morfospécies de endofíticos, um número baixo, quando comparado com os resultados obtidos em outro estudo, analisando a mesma espécie vegetal. As folhas maduras apresentaram maior riqueza, principalmente durante a estação chuvosa, mas não houve diferenças em relação à riqueza equivalente ao sexo. Observou-se, também, que a riqueza endofítica encontrada nas folhas não influenciou a riqueza e a abundância de herbívoros. Os resultados do estudo indicaram que o ambiente exerceu um papel fundamental na determinação da comunidade endofítica e nas interações *Baccharis*-herbívoros.

Palavras-chave: *Baccharis*, Cerrado, fungos endofíticos, herbívoros, Asteraceae.

Abstract

Endophytic fungi have an important role in the mediation of the plant-herbivores, plant-pathogens and plant-environment interaction. To understand the interaction between endophytic fungi and *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae) and these with the herbivores, the following hypotheses were investigated: (i) the number of endophytic morphospecies (richness) increases with leaf age; (ii) the richness of endophytes varies with seasonality; (iii) the richness of endophytes varies with the plant gender; (iv) there is negative correlation between the richness of endophytes and richness of herbivores; and (v) there is negative correlation between the richness of endophytes and abundance of herbivores. Monthly, the leaves of *B. dracunculifolia* were collected in Estação Ecológica da UFMG from October, 2006 to August, 2007. In total, we found eight endophytic morphospecies, a low number when compared to the results found in other study in the same plant species.

¹ Ecologia Evolutiva e Biodiversidade/DBG, ICB/Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Antonio Carlos, 6627, 30161-970 Belo Horizonte MG, Brazil.

² Laboratório de Infecção Fúngica, Microbiologia, ICB, Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Antonio Carlos, 6627, 30161-970 Belo Horizonte MG, Brazil.

* Autor para correspondência.

Mature leaves had higher richness, mainly during the wet season. In relation to gender, the richness was equal. It was also observed that the richness of endophytes found in leaves did not influence the richness and abundance of herbivores. All the results of this work indicated that the environment has fundamental role in the determination of the endophytic community and in the *Baccharis*-herbivores interaction.

Key words: *Baccharis*, Cerrado, endophytic fungi, herbivores, Asteraceae.

Introdução

Amplamente diversos nas regiões tropicais (Arnold, 2008), os fungos endofíticos têm sido cada vez mais investigados como mediadores das interações entre herbívoros e plantas hospedeiras. As pesquisas têm demonstrado que esses microorganismos, conhecidos por viverem assintomaticamente no interior dos tecidos vegetais de todas as angiospermas (e.g., Petrini *et al.*, 1982; Clay, 1988; Rodrigues, 1996), podem influenciar na preferência e na performance de insetos herbívoros.

As primeiras publicações com endofíticos demonstraram que a presença desses microorganismos resultava na diminuição dos danos causados por fitófagos. Webber (1981) constatou que o fungo *Phomopsis oblonga* produzia metabólitos que eram tóxicos a *Physoctenium brevilineum*, uma espécie de besouro. Posteriormente, inúmeros trabalhos sobre a importância dos fungos na resistência ao ataque por insetos foram publicados (ver Breen, 1992, 1993a,b, 1994; Hammon e Faeth, 1992; Faeth e Hammon, 1997a,b; Raps e Vidal, 1998; Faeth, 2002; Meister *et al.*, 2006), aumentando, conseqüentemente, o interesse para o uso destes microorganismos no controle biológico de pragas e patógenos, em práticas agrícolas (Azevedo *et al.*, 2000). Outro interessante efeito é que o crescimento do fungo endofítico pode resultar na morte do galhador e na proteção da planta hospedeira (Butin, 1992). Fernandes e Price (1992) também relatam a enorme relevância de fungos endofíticos na distribuição espacial de galhas de insetos em várias espécies de plantas tropicais e temperadas.

O aumento e a produção de toxinas produzidas por endofíticos podem ser influenciados por estresse hídrico, temperatura, nutriente e pH do solo, patógenos e pelo hábitat (Fernandes e Price, 1992) e, conseqüentemente, influenciam as taxas de herbivoria. Siegel e Bush (1996) observaram que, nas áreas com suplemento nutricional, ocorria uma maior variação de alcaloides produzidos pelo endofítico *Neotyphodium* em gramíneas. Esses pesquisadores notaram a ocorrência de apenas um alcaloide em ambientes naturais dos quatro possíveis tipos produzidos pelos fungos em áreas fertilizadas. Richardson *et al.* (1999) constataram que o aumento da quantidade de nitrogênio acarretava maior produção de diferentes alcaloides pelos endofíticos em *Festuca rubra* em condições hidropônicas, afetando a resistência a insetos herbívoros. Todavia, nem sempre a presença de endofíticos pode beneficiar a planta. Para certos genótipos de plantas hospedeiras, os custos podem ser maiores que os benefícios (Faeth, 2002). A produção de alcaloides pelos endofíticos requer um custo alto de produção que é retirado da própria planta hospedeira. Faeth (2002) sugere que as mudanças de custo e benefícios podem explicar, em parte, a baixa frequência de endofíticos em gramíneas na natureza.

A magnitude da influência dos fungos endofíticos nas interações entre plantas e insetos envolve a composição e a riqueza destes microorganismos e dos insetos herbívoros associados à planta hospedeira, além dos fatores abióticos e bióticos do ambiente (Fernandes e Price, 1992; Thompson, 1994; Wilkinson e Scharld, 1997). Um fungo sozinho pode

não propiciar benefícios à planta, mas isso é possível quando ele se encontra na presença de outros endofíticos (Saikkonen *et al.*, 1998). A diversidade de endofíticos varia com a espécie vegetal hospedeira (Azevedo *et al.*, 2000), com aumento da idade (Arnold e Herre, 2003; Arnold *et al.*, 2003) e do tipo de tecido vegetal (Rodrigues, 1994), com os fatores climáticos (Carroll, 1988; Rodrigues, 1994) e com a distribuição geográfica da planta hospedeira (Arnold e Herre, 2003). Em geral, nas comunidades endofíticas, ocorre dominância de algumas poucas espécies em um determinado hospedeiro, havendo, também, certo grau de especificidade endofítico-hospedeiro (Azevedo, 1998). Além disso, a diversidade de fungos endofíticos varia sazonalmente. Alguns estudos em *Quercus* mostram que a diversidade por fungos endofíticos é maior no período de chuvas, quando a dispersão de esporos também é maior (Faeth e Hammon, 1997b; Collado *et al.*, 1999). Neste estudo, as interações entre fungos endofíticos, herbívoros e *B. dracunculifolia* (Asteraceae), em uma área de Cerrado, foram investigadas para testar as seguintes hipóteses: (i) a riqueza de endofíticos aumenta conforme a idade foliar (nova, intermediária e recém-expandida); (ii) a riqueza de endofíticos é alterada conforme a sazonalidade (seca e chuvosa); (iii) há diferença na riqueza dos fungos conforme o sexo da planta hospedeira (masculina e feminina); (iv) há correlação negativa entre riqueza de endofíticos e a riqueza de herbívoros; (v) há correlação negativa entre riqueza de endofíticos e a abundância de herbívoros.

Materiais e métodos Análise dos fungos endofíticos

Área e planta estudada

O estudo foi realizado em uma área do Cerrado na Estação Ecológica da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte (MG) (19°52'S e 43°58'W), com altitude de 800 m acima do nível do mar, no período de outubro de 2006 a agosto de 2007. O clima desta área é tropical. A estação seca compreende os meses de abril a setembro e a estação chuvosa abrange os meses de outubro a março. A temperatura média anual varia entre 18°C e 20°C, e a precipitação média anual é de aproximadamente 1.500 mm (Espírito-Santo e Fernandes, 1998). A Estação Ecológica abrange uma área de 102 ha e apresenta uma vegetação bastante diversa (Floresta secundária semidecídua e Cerrado).

Baccharis dracunculifolia DC. (Asteraceae) é uma espécie arbustiva dioica, lenhosa, de até 4 m de altura, nativa do Brasil, comum em áreas de cerrado. A espécie se caracteriza por apresentar ramos pilosos, folhas alternas, lanceoladas e seus ápices foliares são densamente pontuados de glândulas (Barroso, 1976). Esta espécie, verde o ano todo, está sujeita a visitas constantes por insetos herbívoros. Vários trabalhos demonstram a relação desta espécie vegetal com diversos herbívoros, como coleópteros, principalmente galhas e formigas associadas (Araújo *et al.*, 1995; Espírito-Santo e Fernandes, 1998; Faria e Fernandes, 2001; Fagundes *et al.*, 2005).

Trata-se também de uma espécie de um gênero bem abundante nas regiões mais elevadas da América do Sul. No Brasil, ocorrem cerca de 120 espécies de *Baccharis* e, dentre as 500 espécies deste gênero distribuídas na América do Sul, *B. dracunculifolia* é encontrada, principalmente, nas regiões sudeste e sul do país, na Argentina, Uruguai, Paraguai e Bolívia (Barroso, 1976).

Mensalmente, foram coletados aleatoriamente seis ramos de cada um dos cinco indivíduos masculinos e cinco femininos de *B. dracunculifolia*. Foram escolhidos preferencialmente os ramos saudáveis, sem presença de herbivoria. Os ramos foram coletados manualmente, armazenados em sacos de papel pardo resistentes e levados para o laboratório. No prazo máximo de 48h, escolheram-se, aleatoriamente, três ramos de cada indivíduo, e, de cada ramo, retiraram-se três folhas nos estágios: nova (início do desenvolvimento), intermediária e recém-expandida (madura). Depois disso, cada folha passou pelos seguintes tratamentos prévios para assepsia superficial: álcool 70% (1min), hipoclorito de sódio 4% (3 min), álcool 70% (30 s), água destilada estéril (1min) e água destilada estéril (30 s) (modificado de Fisher *et al.*, 1994). Posteriormente, as folhas foram cortadas em fragmentos de 4 mm², transferidos para placas de Petri com BDA (Batata-Dextrose-Ágar) suplementado com o antibiótico cloranfenicol (1:1000 p/v modificado de Fisher *et al.*, 1994). As placas foram incubadas à temperatura de 25°C (± 1°). Após o crescimento dos fungos endofíticos, as colônias fúngicas que se apresentavam macroscopicamente distintas foram isoladas e submetidas à técnica de microcultivo em lâmina, para, posteriormente, serem identificadas.

Os dados de riqueza de fungos endofíticos foram agrupados por idade e por estação do ano (estação seca, de maio a setembro; e chuvosa, de outubro a março).

Para comparar a riqueza e a abundância dos fungos entre folhas novas, intermediárias e recém-expandidas de *Baccharis*, durante os distintos períodos, foi utilizado o teste ANOVA e, para comparações, o teste Student-Newman-Keuls, por meio do Programa SigmaStat for Windows Version 2.03 (Copyright© 1992-1997 SPSS Inc.). A fim de comparar a frequência

de infecção de endofíticos entre plantas femininas e masculinas, foi realizado o teste t, mediante a utilização do mesmo programa estatístico.

Avaliação dos insetos herbívoros

Nos mesmos indivíduos de *B. dracunculifolia* dos quais se coletaram as folhas analisadas nesse estudo, foram observados e quantificados todos os tipos de herbívoros encontrados. O tempo de observação média, gasto para avaliar todo o indivíduo, foi de 30 min. Os dados sobre a abundância e a riqueza de cada ordem de inseto herbívoro em cada indivíduo vegetal foram coletados. Os exemplares de cada morfoespécie de herbívoro foram coletados manualmente, guardados em frascos de plásticos contendo álcool 70% e foram identificados por ordem.

A riqueza de endofíticos encontrados nos indivíduos de *B. dracunculifolia* foi correlacionada (Correlação de Pearson) com a riqueza e abundância de herbívoros, com a utilização do programa estatístico Sigma Stat 3.5 (Copyright 2006, Systat Software Inc.).

Resultados

Apenas oito morfoespécies de fungos endofíticos foram encontradas em *B. dracunculifolia* na Estação Ecológica de Minas Gerais. O gênero predominante identificado foi *Cladosporium* (três morfoespécies), seguido de *Rhizoctonia* (duas morfoespécies). Três morfoespécies não foram possíveis de ser identificadas.

A riqueza de endofíticos aumentou com a idade foliar de *B. dracunculifolia* (Figura 1, $p = 0,003$). Três morfoespécies endofíticas foram encontradas, na idade intermediária e cinco na recém-expandida. Não foram encontrados endofíticos nas folhas novas.

Um número maior de morfoespécies de endofíticos foi encontrado na estação chuvosa (Figura 1, $p < 0,01$). No total, foram encontradas seis morfoes-

pécies que ocorreram somente durante o período chuvoso, e apenas duas no período seco.

A porcentagem de infecção fúngica registrada em plantas femininas (3,2±7,6) e masculinas (2,1±4,3) foi estatisticamente similar (p>0,05), embora sua composição seja totalmente diferente.

Em relação aos herbívoros, maior riqueza e abundância foram observadas durante a estação chuvosa (Tabela 1). As ordens mais frequentes foram Homoptera e Hymenoptera. Não houve correlação entre a riqueza de endofíticos e a riqueza de herbívoros (r = -0,03; p>0,05), assim como entre a riqueza de endofíticos e a abundância de herbívoros entre os indivíduos (r = -0,08; p>0,05).

Discussão

A riqueza encontrada nas folhas de *B. dracunculifolia* na Estação Ecológica de Minas Gerais foi relativamente baixa, em comparação com resultados encontrados na Serra do Cipó (MG) (52 morfoespécies), levando-se em conta a mesma espécie, o mesmo período de análise e o mesmo número de indivíduos (Oki *et al.*, 2008). É provável que a baixa riqueza de endofítico esteja associada a alguns aspectos intrínsecos relacionados com a área de estudo. Taylor *et al.* (1999) desta-

cam que aspectos ambientais como temperatura, umidade e condições do solo podem influenciar a micota endofítica. É provável, também, que a localização da área estudada, nas adjacências urbanas, tenha influenciado a baixa frequência da comunidade endofítica, uma vez que as ações antropogênicas no ambiente podem afetar a população de endofíticos (Helander *et al.*, 1996).

A maior riqueza de fungos endofíticos também foi encontrada nas folhas com mais idade e foi igualmente observada em espécies tropicais como *Theobroma cacao* (Arnold *et al.*, 2003) e em estudos realizados em países temperados (Bernstein e Carroll, 1977; Petrini e Carroll, 1981; Sieber e Hugentobler, 1987; Bertoni e Cabral, 1988; Carroll, 1991). Esse aumento da riqueza conforme o aumento da idade foliar pode estar associado ao maior tempo de exposição das folhas à colonização endofítica e às características vegetais (espessura da cutícula, biomassa e substâncias secundárias) relacionadas à idade foliar (Stone, 1987; Espinosa-Garcia e Langenheim, 1990).

Em muitas espécies vegetais, durante a estação chuvosa, é encontrada uma maior riqueza micoendofítica (Rodrigues, 1994; Wilson e Carroll, 1994; Bills, 1996; Suryanarayanan e Thennarasan, 2004). Segundo Faeth e

Hammon (1997a,b), a propagação de esporos é maior na estação chuvosa em um ambiente xérico, com distinta sazonalidade, mas também pode ocorrer no cerrado. Índices maiores de umidade e de precipitação regulam e favorecem uma maior dispersão e infecção nesses ambientes (Faeth e Hammon, 1997a,b). Por outro lado, investigações realizadas em outra região de cerrado (Serra do Cipó), com a mesma espécie vegetal, demonstraram maior riqueza na estação seca (Oki *et al.*,

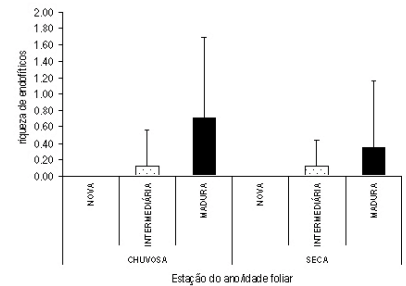


Figura 1. Riqueza de endofíticos encontrada em folhas novas, intermediárias e madura (recém-expandida) de *Baccharis dracunculifolia* na Estação Ecológica da Universidade de Minas Gerais (UFMG, Belo Horizonte, MG) durante a estação seca e chuvosa.

Figure 1. Richness of endophytes found in young leaves, intermediate leaves and mature (newly expanded) ones from *Baccharis dracunculifolia* in the Ecologic Field Station of the Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG, Belo Horizonte, MG) during the dry season and wet season.

Tabela 1. Riqueza e abundância de insetos herbívoros, separados por ordem, encontrados em *Baccharis dracunculifolia* na Estação Ecológica da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte (MG).

Table 1. Richness and abundance of herbivore insects, separated by the order, found in *Baccharis dracunculifolia* from the Ecologic Field Station of the Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte (MG).

	Diptera	Hymenoptera	Homoptera	Coleoptera	Lepidoptera	Orthoptera	Total
Riqueza/ estação seca	6	2	4	2	0	0	14
Riqueza/ estação chuvosa	1	3	2	4	2	4	16
Riqueza total	2	5	3	3	2	3	18
Abundância/ estação seca	6	3	15	2	0	0	26
Abundância/ estação chuvosa	2	11	12	6	8	4	43
Abundância total	8	14	27	8	8	4	69

2008). Certamente, as características do ambiente estão relacionadas com o resultado encontrado neste estudo e precisam ser mais bem avaliadas para subsidiar maiores inferências.

As diferenças na composição endofítica entre plantas femininas e masculinas podem ser creditadas a diferenças químicas entre esses dois gêneros, constatadas por Ferracini (1995) e Verdi *et al.* (2005). No entanto, a riqueza encontrada foi baixa para fundamentar maiores considerações.

Na maioria espécies vegetais, geralmente se observa uma maior riqueza e abundância de herbívoros na estação chuvosa. Em geral, as ordens de insetos que mais frequentemente interagem com *Baccharis* são Homoptera e Hymenoptera (Araújo *et al.*, 1995; Fagundes *et al.*, 2005). O efeito neutro dos fungos sobre os herbívoros de *B. dracunculifolia* na área estudada já foi demonstrado em outros estudos, como em *Festuca glauca* (Breen, 1993a,b). Por outro lado, as investigações com a mesma espécie vegetal, em outra área de pesquisa, têm demonstrado que os fungos endofíticos afetam negativamente a riqueza de herbívoros (Oki *et al.*, 2008). A ausência de fungos envolvidos na proteção contra herbívoros em *B. dracunculifolia* na área estudada pode estar associada às características intrínsecas do ambiente, pois este influencia fortemente as expressões gênicas dos fungos endofíticos e, conseqüentemente, as inter-relações associadas a eles (Siegel e Bush, 1996; Richardson *et al.*, 1999; Azevedo *et al.*, 2000).

Certamente, vários outros estudos ainda são necessários, não só para a melhor compreensão dessas interações dos endofíticos com as plantas e destas com os herbívoros, mas também para o estabelecimento de modelos e hipóteses em diferentes escalas temporais, genéticas e espaciais. Espera-se que este estudo possa contribuir para uma maior compreensão das relações ecológicas e evolutivas das plantas hospedeiras e dos fungos endofíticos, auxiliando, assim, na manutenção e preservação da biodiversidade do Cerrado.

Agradecimentos

O presente trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (APQ-01278-08, 465/07, CRA 122/07) e pelo Conselho Nacional de Pesquisa (559279/2008-6, 151817/2008-1). Agradecemos, também, a Mayara Paraguai e Daniela Esteves, pelo auxílio técnico em muitas etapas do projeto.

Referências

- ARAÚJO, A.M.; FERNANDES, G.W.; BEDE, L.C. 1995. Influência do sexo e fenologia de *Baccharis dracunculifolia* D. C. (Asteraceae) sobre insetos herbívoros. *Revista Brasileira de Entomologia*, **39**:347-353.
- ARNOLD, A.E. 2008. Endophytic fungi: Hidden components of tropical community ecology. In: S. SCHNITZER; W. CARSON (eds.), *Tropical Forest community ecology*. Londres, Blackwell Scientific Inc., p. 254-271.
- ARNOLD, A.E.; HERRE, E.A. 2003. Canopy cover and leaf age affect colonization by tropical fungal endophytes: Ecological pattern and process in *Theobroma cacao* (Malvaceae). *Mycologia*, **95**:388-398.
- ARNOLD, A.E.; MEJIA, L.C.; KYLLO, D.; ROJAS, E.I.; MAYNARD, Z.; ROBBINS, N.; HERRE, E.A. 2003. Fungal endophytes limit pathogen damage in a tropical tree. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **100**:15649-15654.
- AZEVEDO, J.L. 1998. Microorganismos endofíticos. In: I.S. DE MELO; J.L. AZEVEDO (eds.), *Ecologia microbiana*. Jaguaríuna, Embrapa, p. 117-137.
- AZEVEDO, J.L.; MACCHERONI JR., W.; PEREIRA, J.O.; LUIZ DE ARAÚJO, W. 2000. Endophytic microorganisms: A review on insect control and recent advances on tropical plants. *Electronic Journal of Biotechnology*, **3**:40-65.
- BARROSO, G.M. 1976. Compositae -Subtribo Baccarinidae Hoffman - Estudo das espécies ocorrentes no Brasil. *Rodriguésia* **40**:3-273.
- BERNSTEIN, M.E.; CARROLL, G.C. 1977. Internal fungi in old-growth Douglas fir foliage. *Canadian Journal of Botany*, **55**:644-653.
- BERTONI, M.D.; CABRAL, D. 1988. Phyllosphere of *Eucalyptus viminalis*, II: Distribution of endophytes. *Nova Hedwigia*, **46**:491-502.
- BILLS, G.F. 1996. Isolation and analysis of endophytic fungal communities from woody plants. In: S.C. REDLIN; L.M. CARRIS (eds.), *Endophytic fungi in grasses and woody plants: Systematics, ecology, and evolution*. St. Paul, American Phytopathological Society Press, p. 31-65.
- BREEN, J.P. 1992. Temperature and seasonal effects on expression of *Acremonium* endo-

phyte-enhanced resistance to *Schizaphis graminum* (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, **21**:68-74.

BREEN, J.P. 1993a. Enhanced resistance to fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in *Acremonium* endophyte-infected turf grasses. *Journal of Economic Entomology*, **86**:621-629.

BREEN, J.P. 1993b. Enhanced resistance to three species of aphids (Homoptera: Aphididae) in *Acremonium* endophyte-infected turf grasses. *Journal of Economic Entomology*, **86**:1279-1286.

BREEN, J.P. 1994. *Acremonium* endophyte interactions with enhanced plant resistance to insect. *Annual Review of Entomology*, **86**:401-423.

BUTIN, H. 1992. Effect of endofítico fungi from oak (*Quercus rubor*, L.) on mortality of leaf inhabiting gall insects. *European Journal of Forest Pathology*, **22**:237-246.

CARROLL, G.C. 1988. Fungal endophytes in stems and leaves: From latent pathogen to mutualistic symbiont. *Ecology*, **69**:2-9.

CARROLL, G.C. 1991. Beyond pest deterrence. Alternative strategies and hidden costs of endophytic mutualisms in vascular plants. In: J.H. ANDREWS; S.S. HIRANO (eds.), *Microbial ecology of leaves*. New York, Springer-Verlag, p. 358-375.

CLAY, K. 1988. Fungal endophytes of grasses: A defensive mutualism between plants and fungi. *Ecology*, **69**:10-16.

COLLADO, J.; PLATAS, G.; GONZÁLEZ; PELÁEZ, F. 1999. Geographical and seasonal influences on the distribution of fungal endophytes in *Quercus ilex*. *New Phytologist*, **144**:525-532.

ESPINOSA-GARCIA, F.J.; LANGENHEIM, J.H. 1990. The leaf fungal endophytic community of a coastal redwood population-diversity and spatial patterns. *New Phytologist*, **116**:89-98.

ESPÍRITO-SANTO, M.M.; FERNANDES, G.W. 1998. Abundance of *Neopelma baccaridis* (Homoptera: Psyllidae) galls on the dioecious shrub *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae). *Environmental Entomology*, **27**:870-876.

FAETH, S.H. 2002. Are endophytic fungi defensive plant mutualists? *Oikos*, **98**:25-36.

FAETH, S.H.; HAMMON, K.E. 1997a. Fungal endophytes in oak trees: Experimental analyses of interactions with leafminers. *Ecology* **78**(3):820-827.

FAETH, S.H.; HAMMON, K.E. 1997b. Fungal endophytes in oak trees: Long-term patterns of abundance and associations with leafminers. *Ecology*, **78**(3):810-819.

FAGUNDES, M.; NEVES, F.S.; FERNANDES, G.W. 2005. Direct and indirect interaction involving ants, insect herbivores, parasitoids, and the host plant *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae). *Ecological Entomology*, **30**:28-35.

FARIA, M.L.; FERNANDES, G.W. 2001. Vigour of a dioecious shrub and attack by a galling herbivore. *Ecological Entomology*, **26**:37-45.

FERNANDES, G.W.; PRICE, P.W. 1992. The

- adaptative significance of insect gall distribution: The survivorship of species in xeric and mesoic habitats. *Oecologia*, **90**:14-20.
- FERRACINI, V.L. 1995. *Óleos essenciais de Baccharis e sua interação com insetos polinizadores*. Campinas, UNICAMP, Tese de doutorado, 205 p.
- FISHER, P.J.; PETRINI, O.; PETRINI, L.E.; SUTTON, B.C. 1994. Fungal endophytes from the leaves and twigs of *Quercus ilex* L. From England, Majorca and Switzerland. *New Phytologist*, **127**:133-137.
- HAMMON, K.E.; FAETH, S.H. 1992. Ecology of plant-herbivore communities: A fungal component? *Natural Toxins*, **1**:197-208.
- HELANDER, M.L.; NEUVONEN, S.; RANTA, H. 1996. Natural variation and effects of anthropogenic environmental changes on endophytic fungi in trees. In: C.REDIN; M.L. CARRIS (eds.), *Endophytic fungi in grasses and woody plants*. St. Paul, American Phytopathological Society Press, p.197-207.
- MEISTER, B; KRAUSS, J.; HÄRRI, S.A.; SCHNEIDER, M.V.; MULLER. 2006. Fungal endosymbionts affect aphid population size by reduction of adult life span and fecundity. *Basic and Applied Ecology*, **7**:244-252
- OKI, Y.; FERNANDES, G.W.; CORREA JUNIOR, A. 2008. Fungos: amigos ou inimigos? *Ciência Hoje*, **252**:64-66.
- PETRINI, O.; CARROLL, G.C. 1981. Endophytic fungi in the foliage os some Cupressaceae in Oregon. *Canadian Journal of Botany*, **59**:629-636.
- PETRINI, O.; STONE, J.; CARROLL, F.E. 1982. Endophytic fungi in evergreen shrubs in western Oregon: A preliminary study. *Canadian Journal of Botany*, **60**:789-796.
- RAPS, A.; VIDAL, S. 1998. Indirect effects of an unspecialized endophytic fungus on specialized plant-herbivorous insect interactions. *Oecologia*, **114**:541-547.
- RICHARDSON, M.D.; CRABERA, R.I.; MURPHY, J.A.; ZAUROV, D.E. 1999. Nitrogen form and endophyte-infection effects on growth, nitrogen uptake and alkaloid content of chewing fescue turf grass. *Journal of Plant Nutrition*, **22**:67-79.
- RODRIGUES, K.F. 1994. The foliar fungal endophytes of the Amazonian palm *Euterpe oleracea*. *Mycologia*, **86**:376-385.
- RODRIGUES, K.F. 1996. Fungal endophytes of palms. In: S.S. REDLIN; L.M. CARRIS (eds.), *Endophytic fungi in grasses and woody plants*. St. Paul, American Phytopathological Society Press, p.121-132.
- SAIKKONEN, K.; FAETH, S.R.; HELANDER, M.; SULLIVAN, T.J. 1998. Fungal endophytes: A continuum of interactions with host plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **29**:319-343.
- SIEBER, T.N.; HUGENTOBLER, C. 1987. Endophytische Pilze in Blättern und Ästen gesunder und geschädigter Buchen (*Fagus sylvatica* L.). *European Journal of Forest Pathology*, **17**:411-425.
- SIEGEL, M.R.; BUSH, L.P. 1996. Defensive chemicals in grass-fungal endophyte associations. *Recent Advances Phytochemistry*, **30**:81-118.
- STONE, J.K. 1987. Initiation and development of latent infections by *Rhabdocline parkeri* on Douglas fir. *Canadian Journal of Botany*, **65**:2614-2621.
- SURYANARAYANAN, T.S.; THENNARASAN, S. 2004. Temporal variation in endophyte assemblages of *Plumeria rubra* leaves. *Fungal Diversity*, **15**:195-202.
- TAYLOR, J.E.; HYDE, K.D.; JONES, B.G. 1999. Endophytic fungi associated with the temperature palm, *Trachycarpus fortunei*, with and outside its natural geographic range. *New Phytologist*, **142**:335-346.
- THOMPSON, J. N. 1994. *The coevolutionary process*. Chicago, University of Chicago Press, 390 p.
- VERDI, L.G.; BRIGHENTE, M.C.; PIZZOLATTI, M.G. 2005. Gênero *Baccharis* (Asteraceae): aspectos químicos, econômicos biológicos. *Química Nova*, **28**(1):85-94.
- WEBBER, J. 1981. A natural control of Dutch elm disease. *Nature*, **292**:449-451.
- WILKINSON, H.H.; SCHARDL, C.L. 1997. The evolution of mutualism in grass-endophyte associations. In: C.W. BACON; N.S. HILL (eds.), *Neotyphodium/grass interactions*. New York, Plenum, p.13-25.
- WILSON, D.; CARROLL, G.C. 1994. Infection studies of *Discula quercina*, and endophyte of *Quercus garryana*. *Mycologia*, **86**:635-47.

Submitted on April 6, 2009.

Accepted on May 20, 2009.