

FUNGOS ENDOFÍTICOS: POTENCIAL COMO CONTROLADORES BIOLÓGICOS E ESTUDOS EM VIDEIRAS

ENDOPHYTIC FUNGI: BIOLOGICAL CONTROL POTENTIAL AND STUDIES IN GRAPEVINE

ARETUSA CRISTINA FELBER. Bióloga, doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada. Universidade Estadual de Maringá - UEM

JOÃO ALENCAR PAMPHILE. Docente do Departamento de Biotecnologia, Biologia Celular e Genética. Universidade Estadual de Maringá - UEM

Endereço para correspondência: Departamento de Biotecnologia, Biologia Celular e Genética. Laboratório de Biotecnologia Microbiana. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, Paraná, Brasil. CEP 87020-900 prof.pamphile@gmail.com

RESUMO

Fungos endofíticos colonizam o interior de órgãos e tecidos vegetais sem causar sintomas visíveis, estabelecendo uma íntima associação mutualística, tornando as plantas mais resistentes a ambientes com estresse e recebendo nutrientes e proteção. O fungo pode ser capaz de proteger a planta contra herbívoros e fitopatógenos, o que torna os endófitos potencialmente úteis para a agricultura no controle biológico de doenças e pragas. O interesse biotecnológico por esses microrganismos tem estimulado pesquisas em relação à bioprospecção de fungos endofíticos. A videira está entre as mais antigas plantas cultivadas pelo homem, sendo a uva uma das frutas mais consumidas no mundo. As doenças causam muitos prejuízos nessa cultura, sendo importante um controle integrado para reduzir a utilização de agrotóxicos e, conseqüentemente, a contaminação ambiental e humana. Porém, a espécie rústica *Vitis labrusca* L. (Vitaceae), muito utilizada na elaboração de sucos e vinhos, apresenta alta resistência às doenças fúngicas. Este artigo tem como objetivo ressaltar a importância dos endófitos para suas plantas hospedeiras, principalmente no controle biológico de doenças e pragas, visando colaborar com estudos relacionados à utilização desses microrganismos para minimizar a utilização de agrotóxicos e a contaminação ambiental, com especial atenção aos trabalhos já realizados em cultivos de videiras.

PALAVRAS-CHAVE: Endófitos. Videira. Controle biológico.

ABSTRACT

Endophytic fungi colonize inside of organs and plants tissues without causing visible symptoms, establishing a mutualistic association, making plants more resistant to

environmental stress and receiving nutrients and protection. The fungus can be able to protect plants against herbivores and pathogens, which makes the endophytes potentially useful for agriculture in biological control of pests and diseases. The biotechnological interest for these microorganisms has stimulated research in relation to bioprospecting for endophytic fungi. The grapevine is among the oldest plants cultivated by man and the grape one of the most consumed fruits in the world. The diseases cause a lot of damage in this culture, it is important an integrated control to reduce the use of pesticide and therefore environmental and human contamination. However, the rustic species *Vitis labrusca* L. (Vitaceae), is widely used to make juices and wines, it has a high resistance to fungal diseases. This article aims to highlight the importance of endophytes for their host plants, mainly in the biological control of pests and diseases, in order to collaborate with studies related to the use of these microorganisms to minimize the use of pesticides and environmental contamination, with special attention to the work already done in cultivated grapevines.

KEYWORDS: Endophytes. Grapevine. Biological control.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas os cientistas começaram a perceber que as plantas podem servir como reservatório de um número muito grande de organismos conhecidos como endófitos (BACON & WHITE, 2000). Estes são principalmente fungos e bactérias (AZEVEDO *et al.*, 2000) que habitam o interior de tecidos vegetais durante todo ou parte do seu ciclo de vida, sem causar danos visíveis (PETRINI, 1991; AZEVEDO *et al.*, 2000).

Existem cerca de 300 mil espécies de plantas em nosso planeta, em todas as estudadas até o momento tem sido detectados microrganismos endofíticos (STROBEL, 2003). Dentre as vantagens da interação endófito-hospedeiro está o fato do microrganismo se beneficiar com proteção, alimentação e transmissão na planta, enquanto esta se favorece da promoção de crescimento, reprodução e resistência às alterações do ambiente (SAIKKONEN *et al.*, 2004). Os benefícios obtidos pela planta hospedeira resultante das interações com os endófitos têm sido foco de diversos estudos, inclusive sobre a produção de metabólitos secundários que possuem propriedades de interesse (STROBEL & DAISY, 2003).

A videira encontra-se entre as mais antigas plantas cultivadas pelo homem que, desde os primórdios de sua existência, já se alimentava de seus frutos (ALVARENGA *et al.*, 1998). O cultivo da videira possui diferentes finalidades, sendo classificado comercialmente em: uvas para mesa (consumo *in natura*), para vinificação, para passas e para sucos doces (LEÃO, 2000). Aproximadamente 50% da produção brasileira de uvas destinam-se à comercialização *in natura*, a produção de vinhos responde por um terço e o restante distribui-se entre sucos e derivados (CARNEIRO & COELHO, 2007).

Em todas as regiões vitícolas do mundo, as doenças são um dos maiores obstáculos, nos aspectos qualitativos e quantitativos da produção (GALLOTTI *et al.*, 2004). As doenças fúngicas debilitam e matam videiras, podendo destruir pomares, não apenas localmente, mas grandes áreas e regiões, tornando algumas inaptas para a viticultura (DIAS *et al.*, 1998). Assim, o controle integrado de doenças e pragas é uma necessidade nos dias atuais, pois limita o uso de agrotóxicos, reduzindo

consequentemente a poluição ambiental, e diminuindo a contaminação do aplicador e do produtor (GALLOTTI *et al.*, 2004).

Este artigo tem como objetivo ressaltar a importância dos endófitos para suas plantas hospedeiras, principalmente no controle biológico de doenças e pragas, visando colaborar com estudos relacionados à utilização desses microrganismos para minimizar a utilização de agrotóxicos e a contaminação ambiental, com especial atenção aos trabalhos já realizados em cultivos de videiras. A revisão de literatura foi desenvolvida por meio de um levantamento nas bases de dados (Web of Science, Scielo, Science direct, Google Acadêmico e no portal de periódicos da CAPES), sendo ampliada por busca manual em acervos de revistas científicas, livros, dissertações e teses.

Microrganismos endofíticos

A palavra endofítico se origina do grego (*endon*, no interior; *phyton*, planta) e o uso deste termo é tão amplo quanto sua definição literal. A denominação endófitos compreende principalmente fungos e bactérias (SCHULZ & BOYLE, 2005), mas algas (PETERS, 1991) e insetos (FELLER, 1995) também podem ser incluídos nesse grupo.

Petrini (1991) considerou microrganismos endofíticos aqueles que colonizam o interior de tecidos aéreos das plantas em alguma fase do seu ciclo de vida, sem lhes causar danos aparentes. Uma interpretação mais recente de Azevedo & Araújo (2007) define como microrganismos endofíticos todos aqueles cultiváveis ou não, que habitam o interior dos tecidos vegetais, sem causar prejuízo ao hospedeiro, e que não desenvolvem estruturas externas visíveis. Essa definição foi ampliada por Mendes & Azevedo (2007) dividindo os endófitos em dois tipos, sendo: tipo I, os que não produzem estruturas externas à planta; e tipo II, os que produzem estruturas externas à planta, como fungos micorrízicos e bactérias simbiotes fixadoras de nitrogênio.

Os microrganismos endofíticos adquiriram importância no final dos anos 70 após a descoberta de sua relação simbiótica com as plantas e sua capacidade de protegê-las. Entretanto, já haviam sido mencionados pela primeira vez no início do século XIX e diferenciados dos fitopatógenos por Bary em 1866 (AZEVEDO, 1999).

A distinção entre microrganismos endofíticos, epifíticos e fitopatogênicos depende do nicho ocupado em determinado estágio da interação do microrganismo com o seu hospedeiro (STROBEL *et al.*, 2004). Portanto, não existe um limite claro entre esses grupos e sim um gradiente entre eles. Um epífito pode, eventualmente, entrar em uma planta e lá permanecer por certo período, causando ou não danos à mesma (AZEVEDO, 1999).

Endófitos têm sido detectados em todas as espécies vegetais já pesquisadas (STONE *et al.*, 2000; STROBEL & DAISY, 2003), estudos revelam uma diversidade cada vez maior de microrganismos endofíticos (OKI *et al.*, 2008). Evidências de microrganismos associados às plantas foram detectadas em tecidos de folhas e ramos fossilizados (TAYLOR & TAYLOR, 2000), indicando que essas relações endofíticas podem ter evoluído a centenas de milhões de anos a partir do momento em que as plantas surgiram pela primeira vez sobre a Terra (STROBEL, 2003).

Os endófitos tiveram um papel crucial na adaptação e seleção de diferentes espécies vegetais. Durante o processo evolutivo, a presença de alguns deles em determinadas plantas permitiu que elas se desenvolvessem melhor e fossem mais resistentes tanto a ataques de insetos, animais herbívoros e organismos patogênicos, quanto a condições ambientais adversas, como baixa umidade e/ou elevadas temperaturas (OKI *et al.*, 2008).

Na associação endófito-hospedeiro o microrganismo se beneficia com nutrição e proteção contra estresses abióticos (BACON & HILL, 1996), enquanto a planta adquire proteção contra patógenos e herbívoros por meio de alcaloides tóxicos produzidos na associação simbiótica (SCHULZ & BOYLE, 2005).

O número de espécies de fungos endofíticos pode variar de acordo com a espécie vegetal, o local onde o endófito se instala e a fase de desenvolvimento da planta (OKI *et al.*, 2008). Uma ou duas espécies de endófitos costumam predominar em um hospedeiro, enquanto outras se apresentam em menor frequência de colonização (CARROLL & CARROLL, 1978; ARNOLD *et al.*, 2003). Estudos de ordenamento de comunidades têm demonstrado que comunidades de endófitos são habitualmente específicas aos hospedeiros em nível de espécie (PAMPHILE & AZEVEDO, 2002).

A quantidade e a diversidade desses fungos também podem ser influenciadas pelas estações do ano e pelo clima local (OKI *et al.*, 2008). Por exemplo, plantas perenes de áreas tropicais e semitropicais do mundo hospedam uma maior quantidade de endófitos, em detrimento àquelas pertencentes às áreas mais secas ou frias (STROBEL, 2003).

A transmissão desses microrganismos pode ocorrer por meio de hifas crescendo em sementes (SAIKKONEN *et al.*, 1998) que, após germinação, colonizam outras partes da planta, como é o caso das gramíneas (PEIXOTO NETO *et al.*, 2002). Mas, na maioria dos vegetais a penetração dos endófitos ocorre através de aberturas naturais ou artificiais, como estômatos, região de emissão de raízes secundárias, ferimentos causados por instrumentos agrícolas ou pelo atrito das raízes com partículas do solo (HALLMANN *et al.*, 1997). Alguns endófitos conseguem entrar no tecido vegetal por meio da secreção de enzimas hidrolíticas (ESPOSITO & AZEVEDO, 2004), outros com estruturas especializadas como haustórios e apressórios (STONE *et al.*, 1994) e ainda existem os que conseguem atravessar diretamente a parede celular (STONE, 1987).

A colonização dos endófitos pode ser intracelular e limitada a uma única célula, intercelular e localizada, intra e intercelular sistêmica (STONE *et al.*, 2000). A disseminação dos fungos e bactérias para as diversas partes da planta ocorre de maneira sistêmica, habitando de forma ativa o apoplasto e os vasos condutores (HALLMANN *et al.*, 1997). Os mais variados órgãos vegetais como folhas, ramos, caules, raízes e estruturas florais, tais como pólen, ovários, anteras e estames, podem ser colonizados. Contudo, fungos e bactérias endofíticos parecem apresentar diferentes preferências quanto às regiões da planta hospedeira que colonizam (ARAÚJO *et al.*, 2010).

As plantas, geralmente, possuem uma microbiota endofítica característica, importante para sua sanidade e manutenção (AZEVEDO, 1999). Os endófitos são capazes de produzir alterações fisiológicas e outros efeitos que beneficiam o hospedeiro, como proteção contra patógenos e pragas, aumento da taxa de crescimento, indução de resistência sistêmica contra patógenos e redução da herbivoria (WAGNER & LEWIS, 2000; AZEVEDO & ARAÚJO, 2007).

Porém, os mecanismos envolvidos na relação endófito-hospedeiro não são bem compreendidos. Sabe-se que as interações podem ser simbióticas, neutras ou antagônicas. Nas interações simbióticas, microrganismos produzem ou induzem a produção de metabólitos primários e secundários que podem conferir diversas vantagens à planta (KOGEL *et al.*, 2006).

Para Schulz & Boyle (2005) não existem interações neutras, sendo a colonização assintomática um equilíbrio de antagonismos entre o endófito e o hospedeiro. Há sempre pelo menos um grau de virulência por parte do fungo possibilitando a infecção, enquanto a defesa da planta hospedeira limita o desenvolvimento do fungo invasor e,

consequentemente, da doença. Assim, os fungos endofíticos podem assumir um estado de latência por toda a vida útil do tecido vegetal infectado, ou por um período prolongado enquanto as condições ambientais estiverem favoráveis ao fungo, ou até que mudanças desfavoráveis o tornem patogênico (RODRIGUEZ & REDMAN, 2008).

As interações endófito-hospedeiro são tão delicadas que as plantas normalmente não apresentam nenhuma mudança na taxa de crescimento, acúmulo de biomassa, ou outras características facilmente quantificáveis após a inoculação. Somente quando as plantas são submetidas a fatores estressantes, bióticos ou abióticos é que se compreende a importância dos endófitos. Porém, uma pequena fração das relações de simbiose planta-endófito tem sido avaliada para entender os custos e benefícios do hospedeiro em abrigar esses fungos em seus tecidos (ARNOLD, 2007).

A ocupação dos tecidos vegetais pelos endófitos não ocorre ao acaso, mas provavelmente por terem sido selecionados pela planta para colonizar esse nicho. Já que a energia empregada pela planta na produção de biomassa do endófito é compensada por melhorias fitossanitárias decorrentes da presença dos microrganismos (BACKMAN & SIKORA, 2008). O processo de sinalização quimiotáxico aparentemente envolvido nas interações endófito-hospedeiro também sugere que os endófitos não são meros oportunistas acidentais em seus hospedeiros, mas sim que houve uma adaptação evolucionária entre eles (SCHULZ & BOYLE, 2005).

Os microrganismos endofíticos são capazes de modificar as respostas das plantas aos estímulos ambientais, principalmente em relação à variação espacial e dinâmica vegetativa. Isso se deve à capacidade dos endófitos de modificar as plantas em nível genético, fisiológico e ecológico (LUCERO *et al.*, 2006). Além disso, fungos endofíticos podem ser alterados geneticamente com objetivo de introduzir características de interesse nas plantas hospedeiras (PAMPHILE *et al.*, 2004).

Um mesmo endófito pode ser capaz de colonizar vários hospedeiros, mas suas interações podem demonstrar especificidades funcionais ou ecológicas, ou seja, o microrganismo não pode interagir com ambos os hospedeiros da mesma maneira. Apresentando similaridade com os fungos patogênicos, com ciclos de vida complexos que habitam diferentes espécies hospedeiras em diferentes fases da vida, interagindo diferentemente com cada uma delas (AGRIOS, 2005).

Fatores envolvidos na interação fungo-planta agem sobre a produção de toxinas que podem ser dissipadas por todos os tecidos do hospedeiro. Assim, o controle de insetos ocorre mesmo sem a presença do endófito nos locais atacados (AZEVEDO *et al.*, 2000). Carroll (1988) propôs que endófitos de plantas lenhosas fornecem defesa para a planta hospedeira por produzirem uma grande variedade de microtoxinas e enzimas que podem inibir o crescimento de micróbios e invertebrados herbívoros.

A colonização por microrganismos endofíticos pode promover o crescimento dos vegetais. Este incremento pode ser atribuído a mecanismos diretos como a produção de fitormônios e/ou a capacidade desses microrganismos de aumentarem a absorção pela planta de nutrientes como nitrogênio e fósforo. Mecanismos indiretos envolvem relações de antagonismo contra fitopatógenos, com consequente aumento na taxa de germinação, crescimento das raízes e parte aérea da planta (LUZ *et al.*, 2006).

O isolamento e caracterização de microrganismos endofíticos de plantas ainda não estudadas possibilitam a descoberta de novas espécies com potencial para produzir substâncias de interesse, tais como compostos com atividade antimicrobiana que são de extrema importância para indústria farmacêutica (STROBEL & DAISY, 2003).

Um grande número de espécies endofíticas pode ser isolado dos tecidos saudáveis de um único hospedeiro. Fatores como a idade da planta, o tecido ou órgão e

até mesmo o tempo gasto até serem submetidos ao isolamento, podem interferir qualitativa e quantitativamente na biodiversidade da microbiota endofítica (PEIXOTO NETO *et al.*, 2004). O isolamento pode ser realizado a partir de raízes, caules, ramos, folhas, sementes e estruturas florais como pólen, ovário, anteras e estames. O importante é que a amostra das comunidades obtida realmente represente a diversidade de espécies de microrganismos presentes no hospedeiro (ARAÚJO *et al.*, 2010).

Existem vários métodos para a detecção e identificação dos fungos presentes nos tecidos vegetais. Pode ser realizada a observação histológica, a desinfecção superficial do tecido hospedeiro seguida de isolamento dos fungos emergentes em meio de cultura adequado, ou ainda a detecção por métodos químicos específicos (como métodos imunológicos ou amplificação do DNA fúngico diretamente nos tecidos da planta) (SCHULZ & BOYLE, 2005).

Endófitos como controladores biológicos

O controle de pragas, doenças e plantas invasoras é principalmente baseado em pulverizações de culturas com uma grande quantidade de pesticidas químicos sintéticos (COOK, 2000). O aumento da utilização dos produtos químicos, decorrente da crescente demanda agrícola necessária para sustentar o crescimento populacional, pode comprometer severamente a saúde do planeta e do consumidor (MONTESINOS 2003).

Devido às crescentes preocupações com a saúde e segurança ambiental, o uso de substâncias químicas tóxicas, cancerígenas, e/ou prejudiciais ao meio ambiente estão sendo desencorajadas (MCSPADDEN GARDENER & FRAVEL, 2002). Os inseticidas e fungicidas utilizados no controle de pragas e fitopatógenos eliminam também espécies importantes para o ambiente, como insetos e microrganismos que controlam e inibem a multiplicação dos organismos prejudiciais (AZEVEDO *et al.*, 2000).

Assim, os programas de manejo integrado de patógenos podem minimizar os custos ambientais e econômicos de seu controle, e alcançar uma produção agrícola sustentável (MCSPADDEN GARDENER & FRAVEL, 2002). Uma alternativa é o controle biológico, que se baseia em interações benéficas decorrentes de competição, antagonismo e hiperparasitismo de microrganismos contra patógenos de plantas, insetos e plantas invasoras (MATHRE *et al.*, 1999).

A habilidade dos endófitos na produção *in vitro* de substâncias que inibem o crescimento de outras espécies de microrganismos têm estimulado as pesquisas em relação à bioprospecção de fungos endofíticos e ao controle biológico (ARNOLD, 2008). Os endófitos habitam um nicho ecológico semelhante àquele ocupado pelos fitopatógenos, possibilitando controlá-los por meio de competição por nutrientes, produção de substâncias antagônicas, parasitando o patógeno, ou mesmo induzindo o desenvolvimento de resistência pela planta (PEIXOTO NETO *et al.*, 2002).

A indução de resistência sistêmica é um mecanismo importante no controle biológico de doenças. Ao penetrar ativamente na planta o endófito induz a mesma a produzir compostos que atuam sobre o patógeno ou alteram a morfologia vegetal. As alterações incluem aumento da parede celular por deposição de lignina e glucanas e aumento da espessura da cutícula, assim como a síntese de fitoalexinas, que dificultam a entrada do patógeno e o seu desenvolvimento na planta hospedeira (PEIXOTO NETO *et al.*, 2002).

O primeiro pesquisador a relatar um exemplo de controle biológico utilizando um fungo endofítico foi, provavelmente, Webber, em 1981. Na ocasião o fungo *Phomopsis oblonga* produziu compostos tóxicos com efeito repelente, capazes de

proteger sua planta hospedeira contra o ataque do besouro *Physocnemum brevilineum*, vetor do patógeno *Ceratocystis ulmi*, causador da doença holandesa do olmo (AZEVEDO *et al.*, 2000). O controle biológico no Brasil começou com a utilização do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* e com o Baculovírus, empregados no controle das cigarrinhas da cana-de-açúcar e das pastagens, e também no controle da lagarta-da-soja *Anticarsia gemmatilis* (PEIXOTO NETO *et al.*, 2002).

Atualmente, espécies fúngicas como *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, entre outros, são utilizados com frequência na agricultura como controladores de insetos-pragas. Se esses microrganismos habitarem os vegetais como endófitos podem ser capazes de controlar o ataque dos insetos, caso contrário, poderão ser inoculados nos hospedeiros artificialmente (AZEVEDO *et al.*, 2000).

A produção de toxinas pelos fungos endofíticos está relacionada com sua capacidade de repelir insetos, induzir sua perda de peso, diminuir seu crescimento, reduzir o desenvolvimento e até mesmo aumentar a taxa de mortalidade de pragas (AZEVEDO *et al.*, 2000). Como demonstrado por Carroll (1988), o modo de ação de alguns fungos se baseia na capacidade de tornar a planta desagradável para vários tipos de pragas, como pulgões, besouros e gafanhotos.

Muscador vitigenus, um fungo endofítico isolado do cipó *Paullinia paullinioides* da Amazônia peruana, é capaz de produzir naftaleno que atua como repelente de insetos (DAISY *et al.*, 2002). Já o fungo endofítico *Neotyphodium coenophialum* que infecta brotos da planta *Festuca arundinacea* conseguiu reduzir a população de afídeos testada, afetando seu processo reprodutivo (BULTMAN & BELL, 2003).

Endófitos podem produzir metabólitos voláteis com potencial para o controle biológico. O fungo *Muscador albus* isolado do caule de *Cinnamomum zeylanicum* apresentou atividade fungicida e bactericida contra diversos microrganismos por meio de uma mistura desses metabólitos (STROBEL *et al.*, 2001).

O fungo endofítico *Phomopsis* sp. isolado de folhas de *Aspidosperma tomentosum* e pecíolos da planta medicinal *Spondias mombin* apresentou grande potencial como fonte de produtos bioativos. Testes com seus extratos inibiram o crescimento de bactérias, leveduras e fungos filamentosos (CORRADO & RODRIGUES, 2004). Bernardi-Wenzel (2008) isolou e caracterizou fungos endofíticos de *Luehea divaricata*. Metabólitos obtidos do isolado *Diaporthe helianthi* foram capazes de inibir *in vitro* o crescimento do fitopatógeno *Moniliophthora perniciosa*.

Assante *et al.* (2004), destacaram o controle biológico de um fitopatógeno por meio de micoparasitismo. O endófito *Cladosporium tenuissimum* cresce dentro do esporo do patógeno *Uromyces appendiculares*, preenchendo seu interior com micélio e formando conidióforos e conídios ao emergir do esporo. As espécies *Trichoderma viride*, *T. harzianum*, *T. stromaticum* e *T. virens* controlaram o fungo *Rhizopus stolonifer*, agente causal da podridão floral do maracujazeiro, em condições de laboratório e campo, inclusive com o micoparasitismo (BOMFIM, 2007).

O endófito *Fusarium oxysporum* isolado de tomate apresentou redução efetiva no crescimento dos oomicetos fitopatógenos *Phytophthora infestans* e *Phytophthora capsici* (KIM *et al.*, 2007). Fungos endofíticos presentes na planta tropical *Theobroma cacao* (Malvaceae) no Panamá concedem à planta defesa contra um de seus principais patógenos, *Phytophthora* sp. (ARNOLD *et al.*, 2003). Brum (2008) testou 78 fungos endofíticos isolados da videira Niágara Rosada (*Vitis labrusca*) contra fungos fitopatogênicos dos gêneros *Fusarium* e *Botrytis*, verificando que 39 endófitos inibiram pelo menos um dos patógenos testados.

Programas de controle biológico devem ser fundamentados no processo de seleção de microrganismos antagônicos, sendo que os testes podem ser realizados *in vitro* ou *in vivo* (MARIANO, 1993). O endófito utilizado como controlador biológico deve apresentar boa colonização e bom índice de crescimento, combinados com antibiose (MEJÍA *et al.*, 2008).

A associação químico-biológica de endófitos e pesticidas comerciais aplicados à semente ou muda pode, no futuro, levar a efeitos sinérgicos contra agentes causadores de doenças. Sendo que os produtos químicos fornecem uma supressão instantânea dos organismos patogênicos, enquanto o agente biológico possibilita o controle da doença durante o ciclo da cultura (BACKMAN & SIKORA, 2008).

Muito ainda precisa ser aprendido sobre a ecologia microbiana dos patógenos de plantas e seus antagonistas nos diferentes sistemas agrícolas (KERRY, 2000). Assim, pesquisas para a descoberta de novos microrganismos eficazes e o desenvolvimento de processos mais eficientes de aplicação são essenciais para a realidade do controle biológico na agricultura (TJAMOS *et al.*, 2010).

Vitivinicultura

A videira é um arbusto com caule sarmentoso e trepador, que se fixa a suportes naturais ou artificiais, mediante órgãos especializados conhecidos como gavinhas. A planta dispõe de um sistema radicular e um sistema aéreo. O sistema radicular se desenvolve no subsolo durante toda a vida da planta. Já o sistema aéreo é constituído por um tronco, braços, sarmentos, folhas, frutos e gavinhas, cuja vida útil não ultrapassa um ano. O ciclo anual da videira compreende quatro períodos: mobilização de substâncias de reservas, crescimento de todos os órgãos, acúmulo de reservas e dormência (HIDALGO, 2002).

De acordo com a sistemática botânica a videira pertence à família Vitaceae, composta por aproximadamente 14 gêneros e cerca de 900 espécies (SOEJIMA & WEN, 2006). O gênero *Vitis* é de importância econômica, social e histórica incomparavelmente maior em relação a qualquer outro gênero da família Vitaceae. Todas as videiras da terra, cultivadas ou selvagens, pertencem a ele. O gênero *Vitis* divide-se em dois subgêneros: *Muscadinea* e *Euvitis*. Nesse último encontram-se as videiras verdadeiras, entre elas duas espécies de grande importância para a agricultura, *Vitis labrusca* e *Vitis vinifera* (SOUZA, 1996). A espécie *Vitis labrusca* não apresenta nós sem gavinha ou racimo (ALVARENGA *et al.*, 1998), possui racimo mediano, com bagas de tamanho médio a espessas e coloração azul negra (HIDALGO, 2002).

Dentro de cada espécie e híbrido existem cultivares (KISHINO, 2007). As cultivares de *Vitis labrusca*, conhecidas como uvas comuns rústicas ou americanas, caracterizam-se por apresentar elevada produtividade e alta resistência às doenças. As características de sabor e aroma dessas uvas são determinantes na preferência de muitos consumidores, seja para consumo *in natura*, seja dos vinhos e sucos elaborados (CAMARGO & MAIA, 2005).

A introdução da videira na América ocorreu nos séculos XIV e XV com a chegada dos espanhóis e portugueses que trouxeram a *Vitis vinifera* de seus países. Esses povos estabeleceram quase de imediato o cultivo de videiras, sendo que o desenvolvimento dessa cultura também teve contribuições de outros imigrantes, como italianos e franceses. Em 1557 foram implantados cultivos de *Vitis vinifera* nas margens do Rio Paraná, em Guaíra, e em 1626, nas margens do Rio Uruguai. A espécie *Vitis labrusca* foi introduzida em São Paulo e Rio Grande do Sul entre 1839 e 1842. O

desenvolvimento e evolução da viticultura no período colonial contaram com o apoio das ordens religiosas que, entre outras culturas, estabeleceram vinhedos (HIDALGO, 2002).

O desenvolvimento da produção de vinhos no Brasil ocorreu a partir do século XIX, quando imigrantes italianos iniciaram a fabricação da bebida principalmente nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. A partir da década de 70, com investimento de grandes empresas estrangeiras no Rio Grande do Sul, houve significativo aumento da área cultivada para viticultura (NEVES & ZAVARISE, 2005).

Nos dias atuais o cultivo da videira é socioeconomicamente importante em diversas regiões brasileiras, especialmente nas Regiões Sul, Sudeste e Nordeste. A produção da uva no Brasil cresce impulsionada pela demanda externa e o aumento do consumo interno (GALLOTTI *et al.*, 2004). A vitivinicultura tornou-se uma atividade importante para a sustentabilidade de pequenas propriedades brasileiras e também na geração de emprego em grandes empreendimentos que produzem uvas de mesa e uvas para processamento (MELLO, 2011). A utilização de mão-de-obra na viticultura é elevada, empregando em média quatro pessoas por hectare (KISHINO *et al.*, 2007).

A produção mundial de uvas em 2010 foi de 68.350.535 toneladas, em uma área cultivada de 7.203.986 hectares. O maior produtor foi a China, seguida de Itália, Estados Unidos, Espanha e França. O Brasil ocupou a décima quarta posição na produção de uvas nesse ano (FAOSTAT, 2011).

No Brasil o cultivo da videira atinge atualmente uma área aproximada de 83.700 hectares, distribuída principalmente entre os Estados de Pernambuco, Bahia, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A produção anual em 2010 foi de 1.295.442 toneladas, sendo que desse total aproximadamente 57% da produção foi comercializada como uvas de mesa e 43% destinada ao processamento de vinhos e sucos. Juntos, os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul produziram mais de 427 milhões de litros de sucos e vinhos (IBGE, 2011).

Existe uma série de doenças causadas por fungos, vírus, bactérias e nematoides que prejudicam o desenvolvimento da videira (GARRIDO *et al.*, 2007). Tanto as pragas quanto às doenças, quando não controladas adequadamente, ocasionam a debilitação progressiva da planta, podendo levá-la à morte. O número de casos de declínio e morte de videiras tem aumentado de forma acentuada nos últimos anos, causando grande redução de produtividade e de qualidade da uva (GARRIDO *et al.*, 2004).

Em regiões onde as condições climáticas são favoráveis ao seu desenvolvimento, as doenças fúngicas constituem-se num dos principais entraves para a viticultura. Os gastos com tratamentos fitossanitários podem atingir 30% do custo da produção de uvas (SÔNEGO *et al.*, 2005), e as perdas de produtividade podem ser da ordem de 20 a 80%.

O manejo integrado de doenças é uma necessidade, visando reduzir o uso de fungicidas, e, conseqüentemente, diminuir o risco de contaminação do produtor, consumidor e do ambiente (SÔNEGO *et al.*, 2005). Nesse sentido, estudos relacionados a fungos endofíticos associados à videira, com potencial para controle biológico de patógenos, têm sido realizados.

Musetti *et al.* (2006) isolaram fungos endofíticos de folhas de videira e testaram contra o agente causador do míldio, doença provocada pelo fungo *Plasmopora viticola*. O mesmo fizeram Burruano *et al.* (2008), isolando o endófito *Acremonium byssoides* para verificar sua atuação antagonica contra esse importante patógeno da videira.

Brum (2006) testou isolados endofíticos de folhas de videira (*Vitis labrusca*) contra o patógeno *Fusarium* sp., responsável pela doença da videira conhecida como

fusariose. Novamente Brum (2008), isolou e testou endófitos de *Vitis labrusca* contra os fungos fitopatogênicos dos gêneros *Fusarium* e *Botrytis*.

A fim de identificar potenciais agentes de controle biológico contra doenças da videira Gonzáles & Tello (2011) investigaram a diversidade de fungos endofíticos associados a diferentes variedades de *Vitis vinifera* em Madrid.

Halleen *et al.* (2003) estudando fungos associados ao declínio da videira observaram que alguns patógenos estavam presentes como endófitos em porta-enxertos aparentemente saudáveis. Mostert *et al.* (2000) isolaram endófitos de *Vitis vinifera* com o objetivo de investigar se o patógeno *Plasmopora viticola* cresce endofiticamente nos tecidos da videira.

REFLEXÕES

A utilização descontrolada de agrotóxicos em nossas lavouras tem prejudicado severamente a qualidade ambiental e a saúde humana. O cultivo de uvas é afetado por uma série de doenças e pragas fazendo-se necessárias repetidas aplicações de agroquímicos para seu controle. Porém, cultivares de videiras conhecidas como rústicas apresentam maior resistência às doenças fúngicas. Conhecendo-se o potencial dos microrganismos endofíticos no controle de fitopatógenos, investigações relacionadas aos endófitos dessas plantas, que são escassos, podem apresentar resultados promissores e evoluir para processos de inoculação de microrganismos controladores de patógenos em plantas suscetíveis às doenças. Assim, estudos que tenham como enfoque o controle biológico devem ser incentivados, pois são fundamentais para assegurar a preservação do meio ambiente.

FINANCIAMENTO

CAPES. Este artigo é parte da dissertação de mestrado da autora, orientada pelo coautor, defendida no Curso de Pós-Graduação em Biologia Comparada da Universidade Estadual de Maringá.

REFERÊNCIAS

- 1-AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. 5. ed. London: Elsevier Academic Press, 2005.
- 2-ALVARENGA, A. A.; ABRAHÃO, E.; REGINA, M. A.; ANTUNES, L. E. C.; PEREIRA, A. F. Origem e classificação botânica da videira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 194, p. 5-8, 1998.
- 3-ARAÚJO, W. L.; LACAVA, P. T.; MARCON, J.; LIMA, A. O. S.; KUKLIMSKY-SOBRAL, J.; KLEINER-PIZZIRANI, A. A.; AZEVEDO, J. L. (Coord.). **Guia prático: isolamento e caracterização de microrganismos endofíticos**. Piracicaba: CALQ, 2010.
- 4-ARNOLD, A. E. Endophytic fungi: hidden components of tropical community ecology. In: CARSON, W. P.; SCHNITZER, S. A (Eds.). **Tropical Forest Community Ecology**. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2008.
- 5-ARNOLD, A. E. Understanding the diversity of foliar endophytic fungi: progress, challenges, and frontiers. **Fungal Biology Reviews**, v. 21, p. 51-66, 2007.
- 6-ARNOLD, A. E.; MEJÍA, C. L.; KYLLO, D.; ROJAS, E. I.; MAYNARD, Z.; ROBBINS, N.; HERRE, E. A. Fungal endophytes limit pathogen damage in a tropical tree. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 100, p. 15649-15654, 2003.
- 7-ASSANTE, G.; MAFFI, D.; SARACCHI, M.; FARINA, G.; MORISCCA, S.; RAGAZZI, A. Histological studies on the mycoparasitism of *Cladosporium tenuissimum* on urediniospores of *Uromyces appendiculatus*. **Mycological Research**, v.108, p. 170 -182, 2004.
- 8-AZEVEDO, J. L.; ARAÚJO, W. L. Diversity and applications of endophytic fungi isolated from tropical plants. In: GANGULI, B. N.; DESHMUKH, S. K. (Eds.). **Fungi: multifaceted microbes**. New Delhi: Anamaya Publishers, 2007.

- 9-AZEVEDO, J. L.; MACCHERONI Jr., W.; PEREIRA, J. O.; ARAÚJO, W. L. Endophytic microorganisms: a review on insect control and recent advances on tropical plants. **EJB: Eletronic Journal of Biotechnology**, v. 3, n. 1, p. 40-65, 2000.
- 10-AZEVEDO, J. L. Botânica: uma ciência básica ou aplicada? **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, n. 2, p. 225-229, 1999.
- 11-BACKMAN, P. A.; SIKORA, R. A. Endophytes: an emerging tool for biological control. **Biological Control**, v. 46, p. 1-3, 2008.
- 12-BACON, C. W.; WHITE JR., J. F. **Microbial Endophytes**. New York: Marcel Dekker Inc., 2000.
- 13-BACON, C. W.; HILL, N. S. Symptomless grass endophytes : products of coevolutionary symbioses and their role in the ecological adaptations of infected grasses. In: REDLIN, S. C.; CARRIS, L. M. (Eds.). **Endophytic Fungi in Grasses and Woody Plants**. St Paul, Minnesota: American Phytopathological Society Press, 1996.
- 14-BERNARDI-WENZEL, J. **Bioprospecção e caracterização citológica e molecular de fungos endofíticos isolados de *Luehea divaricata* (Martius et Zuccarini): Estudo da interação endófito-planta hospedeira**. Maringá: UEM, 2008. 103p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada, Universidade Estadual de Maringá, Maringá-Paraná, 2008.
- 15-BOMFIM, M. P. **Antagonismo *in vitro* e *in vivo* de *Trichoderma* spp. a *Rhizopus stolonifer* em maracujazeiro amarelo**. Vitória da Conquista: UESB, 2007. 74p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista-Bahia, 2007.
- 16-BRUM, M. C. P. **Fungos endofíticos de *Vitis labrusca* L. var. Niagara Rosada e o seu potencial biotecnológico**. Mogi das Cruzes: UMC, 2008. 103 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação Integrada: Doutorado em Biotecnologia, Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, 2008.
- 17-BRUM, M. C. P. **Microorganismos endofíticos da videira niagara rosada (*Vitis labrusca* L.) e o controle biológico de *Fusarium***. Mogi das Cruzes: UMC, 2006. 79 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação Integrada: Doutorado em Biotecnologia, Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, 2006.
- 18-BULTMAN, T.L.; BELL, G.D. Interaction between fungal endophytes and environmental stressors influences plant resistance to insects. **OIKOS**, v. 103, p. 182–190, 2003.
- 19-BURRUANO, S.; ALFONZO, A.; LO PICCOLO, S.; CONIGLIARO, G.; MONDELLO, V.; TORTA, L.; MORETTI, M.; ASSANTE, G. Interaction between *Acremonium byssoides* and *Plasmopara viticola* in *Vitis vinifera*. **Phytopathologia Mediterranea**, v. 47, p. 122–131, 2008.
- 20-CAMARGO, U. A.; MAIA, J. D. G. **Sistema de produção de uvas rústicas para processamento em Regiões Tropicais do Brasil**: Cultivares. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. (Sistemas de produção, 9). Disponível em:
<<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/UvasRusticasParaProcessamento/cultivares.htm>>.
Acesso em: 12 out. 2011.
- 21-CARNEIRO, W. M. A.; COELHO, M. C. S. G. Vitivinicultura nordestina: características e perspectivas. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2007. 135 p. (Série Documentos do Etene, n. 19).
- 22-CARROLL, G. C. Fungal Endophytes in stems and leaves: from latent pathogen to mutualistic symbiotic. **Ecology**, v. 69, p. 2-9, 1988.
- 23-CARROLL, G. C.; CARROLL, F. E.; Studies on the incidence of coniferous needle endophytes in the Pacific Northwest. **Canadian Journal of Botany**, v. 56, p. 3034-3043, 1978.
- 24-COOK, R. J. Advances in plant health management in the twentieth century. **Annual Review of Phytopathology**, v. 38, p. 95-116, 2000.
- 25-CORRADO, M.; RODRIGUES, K.F. Antimicrobial evaluation of fungal extracts produced by endophytic strains of *Phomopsis* sp. **Journal Basic Microbiol**, v.44, p.157-160, 2004.
- 26-DAISY, B. H.; STROBEL, G. A.; EZRA, D.; CASTILLO, U. F.; SEARS, J.; WEAVER, D. K.; RUNYION, J. B. Naphthalene, an insect repellent, is produced by *Muscodor vitigenus*, a novel endophytic fungus. **Microbiology**, v. 148, p. 3737-3741, 2002.
- 27-DIAS, M. S. C.; SOUZA, S. M. C.; PEREIRA, A. F. Principais doenças da videira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 194, p. 76-84, 1998.
- 28-ESPOSITO, E.; AZEVEDO, J. L. **Fungos: uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia**. 1. ed. Caxias do Sul: Edusc – Editora da Universidade de Caxias do Sul, 2004.
- 29-FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em:
<<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 23 dez. 2011.
- 30-FELLER, I. C. Effects of nutrient enrichment on growth and herbivory of dwarf red mangrove (*Rhizophora mangle*). **Ecological Monographs**, v. 65, p. 477-505, 1995.
- 31-GALLOTTI, G. J. M.; ANDRADE, E. R.; SÔNEGO, O. R.; GARRIDO, L. R.; GRICOLLETTI JUNIOR, A. **Doenças da videira e seu controle em Santa Catarina**. 2. ed. Florianópolis: Epagri, 2004. 90p. (Boletim Técnico, 51).
- 32-GARRIDO, L. R.; SÔNEGO, O. R.; SCHNEIDER, E. P. Doenças. In: NACHTIGAL, J. C.; SCHNEIDER, E. P. (Eds.). **Recomendações para produção de videira em sistemas de base ecológica**. 1. ed. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2007. 68p. (Documentos, 65).

- 33-GARRIDO, L. R.; SÔNEGO, O. R.; GOMES, V. N. Fungos associados com o declínio e morte de videiras no Estado do Rio Grande do Sul. **Fitopatologia Brasileira**, n. 29, p. 322-324, 2004.
- 34-GONZÁLES, V.; TELLO, M. L. The endophytic mycota associated with *Vitis vinifera* in central Spain. **Fungal Diversity**, v. 47, p. 29-42, 2011.
- 35-HALLEEN, F.; CROUS, P. W.; PETRINI, O. Fungi associated with healthy grapevine cuttings in nurseries, with special reference to pathogens involved in the decline of young vines. **Australasian Plant Pathology**, v. 32, p. 47 - 52, 2003.
- 36-HALLMANN, J.; QUADT-HALLMANN, A.; MAHAFFEE, W.F.; KLOPPER, J.W. Bacterial endophytes in agricultural crops. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 43, p. 895-914, 1997.
- 37-HIDALGO, L. **Tratado de Viticultura General**. 3. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2002. 1235p.
- 38-IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Economia – Agropecuária. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 20 dez. 2011.
- 39-KERRY, B. R. Rhizosphere interactions and the exploitation of microbial agents for the biological control of plant-pathogenic fungi. **Annual Review of Phytopathology**, v. 38, p. 23-441, 2000.
- 40-KIM, H. Y.; CHOI, G. J.; LEE, H. B.; LEE, S.W.; LIM, H. K.; SON, S. W.; LEE, S. O.; CHO, K. Y.; SUNG, N. D.; KIM, J. C. Some fungal endophytes from vegetable crops and their anti-oomycete activities against tomato late blight. **Letters in Applied Microbiology**, v. 44, n. 3, p. 332-337, 2007.
- 41-KISHINO, A. Y. Características da planta. In: KISHINO, A. Y.; CARVALHO, S. L. C.; ROBERTO, S. R. (Eds.). **Viticultura Tropical: o sistema de produção no Paraná**. Londrina: IAPAR, 2007.
- 42-KISHINO, A. Y.; GENTA, W.; ROBERTO, S. F. Introdução. In: KISHINO, A. Y.; CARVALHO, S. L. C.; ROBERTO, S. R. (Eds.). **Viticultura Tropical: o sistema de produção no Paraná**. Londrina: IAPAR, 2007.
- 43-KOGEL, K. H.; FRANKEN, P.; HUCKELHOVEN, R. Endophyte or parasite - what decides? **Current Opinion in Plant Biology**, v. 9, p. 358-363, 2006.
- 44-LEÃO, P. C. S. Principais variedades. In: LEÃO, P. C. de S.; SOARES, J.M. (Eds.). **A viticultura no Semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2000.
- 45-LUCERO, M. E.; BARROW, J. R.; OSUNA, P.; REYES, I. Plant-fungal interactions in arid and semi-arid ecosystems: Large-scale impacts from microscale processes. **Journal of Arid Environments**, n. 65, p. 276-284, 2006.
- 46-LUZ, J. S.; SILVA, R. L. O.; SILVEIRA, E. B.; CAVALCANTE, U. M. T. Atividade enzimática de fungos endofíticos e efeito na promoção do crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Caatinga**, v. 9, n. 2, p. 128-134, 2006.
- 47-MARIANO, R. L. R. Métodos de seleção *in vitro* para o controle microbiológico de patógenos de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 1, p. 369-409, 1993.
- 48-MATHRE, D. E.; COOK, R. J.; CALLAN, N. W. From discovery to use: traversing the world of commercializing biocontrol agents for plant disease control. **Plant Disease**, v. 83, p. 972-983, 1999.
- 49-MCSPADDEN GARDENER, B. B.; FRAVEL, D. R. Biological control of plant pathogens: Research, commercialization, and application in the USA. **Plant Health Progress**, 2002. Disponível em: <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/review/biocontrol/>. Acesso em: 11 nov. 2011.
- 50-MEJÍA, L. C.; ROJAS, E. I.; MAYNARD, Z.; BAEL, S. V.; A. ARNOLD, A. E.; HEBBAR, P.; SAMUELS, G. J.; ROBBINS, N.; HERRE, E. A. Endophytic fungi as biocontrol agents of *Theobroma cacao* pathogens. **Biological Control**, v. 46, p. 4-14, 2008.
- 51-MELLO, L. M. R. **Vitivinicultura brasileira: Panorama 2010**. 1. ed. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2011. 4p. (Comunicado Técnico, 111).
- 52-MENDES, R.; AZEVEDO, J. L. Valor biotecnológico de fungos endofíticos isolados de plantas de interesse econômico. In: MAIA, L. C.; MALOSSO, E.; YANO-MELO, A. N. (Orgs.). **Micologia: avanços no conhecimento**. 1. ed. Recife: Editora Universitária da UEPE, 2007.
- 53-MONTESINOS, E. Development, registration and commercialization of microbial pesticides for plant protection. **International Microbiology**, v. 6, p. 245-252, 2003.
- 54-MOSTERT, L.; CROUS, P. W.; PETRINI, O. Endophytic fungi associated with shoots and leaves of *Vitis vinifera*, with specific reference to the *Phomopsis viticola* complex. **Sydowia**, v.52, p. 46 - 48, 2000.
- 55-MUSETTI, R.; VECCHIONE, A.; STRINGHER, L.; BORSELLI, S.; ZULINI, L.; MARZANI, C.; D'AMBROSIO, M.; SANITÀ DI TOPPI, L.; PERTOT, I. Inhibition of sporulation and ultrastructural alterations of grapevine downy mildew by the endophytic fungus *Alternaria alternata*. **Phytopathology**, v. 96, p. 689-698, 2006.
- 56-NEVES, R. I.; ZAVARISE, E. **Viticultura em Santa Catarina: situação atual e perspectivas**. 1. ed. Florianópolis: BRDE, 2005.
- 57-OKI, Y.; FERNANDES, G. W.; CORREA JUNIOR, A. Fungos: amigos ou inimigos? **Ciência Hoje**, v. 42, n. 252, p. 64-66, 2008.
- 58-PAMPHILE, J. A.; ROCHA, C. L. M. S. C.; AZEVEDO, J. L. Co-transformation of a tropical maize endophytic isolate of *Fusarium verticillioides* (synonym *F. moniliforme*) with *gusA* and *nia* genes. **Genetics and Molecular Biology**, v. 27, n. 2, p. 253-258, 2004.

- 59-PAMPHILE, J. A., AZEVEDO, J. L. Molecular characterization of endophytic strains of *Fusarium verticillioides* (*Fusarium moniliforme*) from maize (*Zea mays*L). **World Journal of Microbiology & Biotechnology**. Holanda, v. 18, n. 5, p. 391-396, 2002.
- 60-PEIXOTO NETO, P. A. S.; AZEVEDO, J. L.; CAETANO, L. C. Microrganismos endofíticos em plantas: status atual e perspectivas. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**. Santiago, v. 3, n. 4, p. 69-72, 2004.
- 61-PEIXOTO NETO, P. A. S.; AZEVEDO, J. L.; ARAÚJO, W. L. Microrganismos endofíticos: Interação com as plantas e potencial biotecnológico. **Biociência, Ciência & Desenvolvimento**, n. 29, p. 62-76, 2002.
- 62-PETERS, A. F. Field and culture studies of *Streblonema macrocystis* sp. nov. (Ectocarpales, Phaeophyceae) from Chile, a sexual endophyte of giant kelp. **Phycologia**, v. 30, p. 365-377, 1991.
- 63-PETRINI, O. Fungal endophyte of tree leaves. In: ANDREWS, J.; HIRANO, S. S. (Eds.). **Microbial ecology of leaves**. New York: Springer Verlag. 1991, p. 179-197.
- 64-RODRIGUEZ, R.; REDMAN, R. More than 400 million years of evolution and some plants still can't make it on their own: plant stress tolerance via fungal symbiosis. **Journal of Experimental Botany**, v. 59, n. 5, p. 1109-1114, 2008.
- 65-SAIKKONEN, K.; WÄLI, P.; HELANDER, M.; FAETH, S. H. Evolution of endophyte-plant symbioses. **Trends in Plant Science**, v. 9, n. 6, p. 275-280, 2004.
- 66-SAIKKONEN, K.; FAETH, S. H.; HELANDER, M.; SULLIVAN, T. J. Fungal endophytes: A continuum of interactions with host plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, n. 29, p. 319-343, 1998.
- 67-SCHULZ, B.; BOYLE, C. The endophytic continuum. **Mycological Research**. Cambridge, v. 109, p. 661-686, 2005.
- 68-SOEJIMA, A.; WEN, J. Phylogenetic analysis of the grape family (Vitaceae) based on three chloroplast markers. **American Journal of Botany**, v. 93 n. 2, p. 278-287, 2006.
- 69-SÔNEGO, O. R.; GARRIDO, L. R.; GRIGOLETTI JÚNIOR, A. **Principais doenças fúngicas da videira no sul do Brasil**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. 32p. (Circular Técnica, 56).
- 70-SOUSA, J. S. I. **Uvas para o Brasil**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1996.
- 71-STONE, J. K.; BACON, C. W.; WHITE, J. F. An overview of endophytic microbes: endophytism defined. In: BACON, C. W.; WHITE, J. F. (Eds.). **Microbial endophytes**. New York: Marcel Dekker, Inc. 3-30, 2000.
- 72-STONE, J. K.; VIRET, O.; PETRINI, O.; CHAPELA, I. Histological studies of host penetration and colonization by endophytic fungi. In: PETRINI, O.; OUELLETTE, G. B. **Host Wall Alterations by Parasitic Fungi**. St Paul, Minnesota: American Phytopathological Society Press, 1994.
- 73-STONE, J. K. Initiation and development of latent infections by *Rhizoctonia parkeri* on Douglas-fir. **Canadian Journal of Botany**, v. 65, p. 2614-2621, 1987.
- 74-STROBEL, G.; DAISY, B.; CASTILLO, U.; HARPER, J. Natural products from endophytic microorganisms. **Journal of Natural Products**, v. 67, p. 257-268, 2004.
- 75-STROBEL, G. Endophytes as sources of bioactive products. **Microbes and Infection**, v. 5, p. 535-544, 2003.
- 76-STROBEL, G. A.; DAISY, B. Bioprospecting for microbial endophytes and their natural products. **Microbiology and Molecular Biology Review**, v. 67, p. 491-502, 2003.
- 77-STROBEL, G. A.; DIRKSE, E.; SEARS, J.; MARKWORTH, C. Volatile antimicrobials from *Muscodora albus*, a novel endophytic fungus. **Microbiology**, v. 147, p. 2943-2950, 2001.
- 78-TAYLOR, T. N.; TAYLOR, E. L. The rhynie chert ecosystem: a model for understanding fungal interactions. In: BACON, C. W.; WHITE JR., J. F. (Eds.). **Microbial Endophytes**. New York: Marcel Dekker Inc., 2000.
- 79-TJAMOS, E. C.; TJAMOS, S. E.; ANTONIOU, P. P. Biological management of plant diseases: Highlights on research and application. **Journal of Plant Pathology**, v. 92, n. 4, p. 17-21, 2010.
- 80-WAGNER, B. L.; LEWIS, L. C. Colonization of corn, *Zea mays*, by the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana*. **Applied and Environmental Microbiology**, v.66, p. 3468 - 3473, 2000.