

Diversidade de fungos filamentosos em solo de monocultivo de erva-mate, *Ilex paraguariensis* St. Hil.

Diversity of filamentous fungi in soil with monoculture of yerba maté, Ilex paraguariensis St. Hil.

Larissa Rolim Borges^[a], Sonia Maria Noemberg Lazzari^[b], Ida Chapaval Pimentel^[c], Meiriana Xavier Vila Nova^[d]

^[a] Bióloga, Doutora, Laboratório de Entomologia do Instituto Agrônomo de Pernambuco, Recife, PE - Brasil, e-mail: larissarolimborges@gmail.com

^[b] Bióloga, Ph.D., Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR - Brasil, e-mail: lazzari@ufpr.br

^[c] Engenheira agrônoma, Doutora, Departamento de Patologia Básica da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR - Brasil, e-mail: ida@ufpr.br

^[d] Bióloga, Doutora, Departamento de Micologia da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE - Brasil, e-mail: meiriana_vilanova@yahoo.com.br

Resumo

O solo é um dos principais habitats para o desenvolvimento de populações de micro-organismos, incluindo fungos. O presente trabalho teve como objetivo isolar e identificar os fungos que ocorrem em monocultivo de erva-mate, no município de Campo Alegre, SC, Brasil, visando a detectar a ocorrência de grupos patogênicos para a cultura e de entomopatógenos potenciais para o controle de pragas. As amostras de solo foram coletadas mensalmente durante o período de novembro de 2005 a outubro de 2006. Os gêneros identificados foram: Filo Deuteromycota – *Aspergillus*, *Penicillium*, *Acremonium*, *Cladosporium*, *Fusarium* e *Trichoderma*; Filo Ascomycota – *Paecilomyces* (anamorfo do gênero *Melanospora*), *Metarhizium*, *Gliocladium* (anamorfo do gênero *Nectria*) e *Lecanicillium* e Filo Zygomycota – *Rhizopus*. Os gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* foram mais frequentes e os únicos que persistiram no solo do erval em todas as estações do ano.

Palavras-chave: Aquifoliaceae. Comunidade fúngica. Solo.

Abstract

The soil is one of the most important habitats for microorganisms, including fungi. The present research aimed to isolate and identify fungi occurring in the soil of an area with monoculture of yerba maté, in the county of Campo Alegre, State of Santa Catarina, Brazil, in order to evaluate the presence of potential pathogenic and entomopathogenic groups. Soil samples were collected in a period from November/2005 to October/2006. The following genera were identified: Phylum Deuteromycota – Aspergillus, Penicillium, Acremonium, Cladosporium, Fusarium, and Trichoderma; Phylum Ascomycota – Paecilomyces (the anamorphic form of the Melanospora genus), Metarhizium, Gliocladium (the anamorphic form of the Nectria genus), and Lecanicillium; and Phylum

Zygomycota – Rhizopus, Aspergillus and Penicillium were the fungi with the highest frequency of occurrence and the only genera that persisted in the soil in all seasons.

Keywords: *Aquifoliaceae. Fungal community. Soil.*

Introdução

A erva-mate, *Ilex paraguariensis* St. Hil. (Aquifoliaceae), é uma espécie arbórea que cresce naturalmente na Floresta Ombrófila Mista, um ecossistema associado à Mata Atlântica, onde pode atingir densidades de centenas de árvores/ha (MIRANDA; URBAN, 1998). Tais características propiciaram que essa espécie florestal fosse explorada durante muito tempo de modo extrativista nas florestas nativas onde vegetava. Entretanto, a partir da década de 1970, em função do seu importante papel socioeconômico na região Sul do Brasil, passou a ser amplamente cultivada em reflorestamentos adensados ou puros, constituindo-se em uma fonte de renda e emprego para os pequenos e médios produtores (SOARES; IEDE, 1997). Contudo, o aumento dos plantios em monocultura de erva-mate desencadeou uma série de problemas fitossanitários, intensificados por práticas silviculturais, manejo e cultivo inadequados, que podem alterar a sobrevivência da microbiota do solo (POLETTI et al., 2006).

O solo é um componente imprescindível para a manutenção da qualidade ambiental, constituindo-se em um dos principais habitats para o desenvolvimento dos micro-organismos envolvidos na decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, entre outros (EGGINS; ALLSOPP, 1975; HYDE, 1997; ANDERSON; CAIRNEY, 2004). São também importantes na supressão de doenças causadas por outros micro-organismos, na promoção do crescimento de plantas e contribuição para a fertilidade e estrutura do solo (DORAN et al., 1996; KIRK et al., 2004), podendo ocorrer também espécies fitopatogênicas e entomopatogênicas.

Em função da importância do conhecimento da diversidade da microbiota de solo em diferentes regiões para manejo de solos e de pragas, diversos estudos têm sido realizados em biomas brasileiros, entre eles a Caatinga (CAVALCANTI et al., 2006; SIMÕES; TAU-K-TORNISIELO, 2006); o Cerrado (CARVALHO, 2008; DUTRA et al., 2005) e a Mata Atlântica (GARLIPP, 1995; TAU-K-TORNISIELO et al., 2005).

Em culturas comerciais, é fundamental o conhecimento dos efeitos das práticas agrícolas na dinâmica das comunidades de fungos do solo, em função das transformações que esses micro-organismos promovem, influenciando a qualidade dos produtos e a produtividade agrícola. Além disso, a avaliação da diversidade de fungos é uma ferramenta importante na busca de uma agricultura sustentável, que permita a manutenção da biodiversidade do solo (CARVALHO, 2008). Assim sendo, as informações a respeito da quantificação, identificação e rol funcional dos micro-organismos servem como indicadores do estado do solo com aplicabilidade no seu monitoramento e conservação (ALTIERI, 1999; MORENO, 2001). Estudos sobre esses organismos em solo ou rizosfera de ambientes agrícolas têm sido realizados nos cultivos de girassol, *Helianthus annuus* (SOUZA-MOTA et al., 2003); soja, *Glycine max*, e algodão, *Gossypium hirsutum* (CARVALHO, 2008); goiaba, *Psidium guajava* (SILVÉRIO, 2007) e em áreas agrofloreais em cultivos de uva-do-japão, *Hovenia dulcis* (PRADE et al., 2006); citros, *Citrus sinensis* (PRADE et al., 2007) e serrapilheira de acículas de pinus, *Pinus taeda* (GHIZELINI et al., 2006) (Tabela 1).

Com base nessas considerações, esta pesquisa objetivou o conhecimento da diversidade de fungos filamentosos do solo em um plantio em monocultura de erva-mate.

Materiais e métodos

Os estudos de campo foram conduzidos em uma área de monocultura de erva-mate, estabelecida em 1998, no município de Campo Alegre, SC (26°11'S, 49°14'W). A área experimental totalizou aproximadamente 28 ha plantados com erva-mate, com espaçamento de 1,5 m × 3,0 m. O trato cultural adotado no erval durante o experimento foi apenas a capina mecânica realizada mensalmente.

O clima da região, segundo classificação de Köppen é Cfb é mesotérmico subtropical úmido, com verões

Tabela 1 - Ocorrência de gêneros de fungos filamentosos em solo de cultivos agrícolas e florestais (Continua)

Gêneros de fungos	Cultivos agrícolas					Cultivos florestais	
	citrus	girassol	algodão	soja	goiaba	serrapilheira de pinus	uva-do-japão
<i>Absidia</i>	×	–	×	×	–	–	×
<i>Acremonium</i>	–	×	×	×	–	×	–
<i>Alternaria</i>	×	×	–	–	–	×	×
<i>Aspergillus</i>	×	×	×	×	×	–	×
<i>Bipolaris</i>	×	–	–	–	–	–	–
<i>Chaetomium</i>	–	×	×	×	–	–	–
<i>Chloridium</i>	×	–	×	×	–	–	–
<i>Cladosporium</i>	×	×	×	×	–	×	×
<i>Clonostachys</i>	–	–	×	×	–	–	–
<i>Colletotrichum</i>	–	–	×	×	–	×	–
<i>Cunninghamella</i>	–	×	–	–	–	–	–
<i>Curvularia</i>	×	×	–	–	×	–	×
<i>Emericella</i>	–	×	–	–	×	–	–
<i>Epicoccum</i>	–	–	×	×	–	×	–
<i>Eupenicillium</i>	–	×	×	×	×	–	–
<i>Fusarium</i>	×	×	×	×	×	×	×
<i>Gliocladium</i>	–	–	–	–	–	×	–
<i>Gonytrichum</i>	–	–	×	×	–	–	–
<i>Humicola</i>	–	×	×	×	–	–	–
<i>Lecanicillium</i>	×	–	×	×	–	–	×
<i>Metarhizium</i>	–	–	×	×	–	–	–
<i>Monilia</i>	–	–	–	–	×	–	–
<i>Mortierella</i>	×	–	–	–	–	–	×
<i>Mucor</i>	–	–	–	–	–	×	–
<i>Myrothecium</i>	–	×	×	×	–	–	–
<i>Neocosmopora</i>	–	×	×	–	×	–	–
<i>Neosartorya</i>	–	×	–	–	–	–	–
<i>Paecilomyces</i>	×	–	×	×	×	–	×
<i>Paraconiothyrium</i>	–	–	×	–	–	–	–
<i>Penicillium</i>	×	×	×	×	×	×	×
<i>Pestalotia</i>	–	–	–	–	–	×	×
<i>Pestalotiopsis</i>	×	×	×	×	–	–	–
<i>Phialophora</i>	×	–	–	–	–	–	–
<i>Phoma</i>	–	×	–	–	–	–	–
<i>Pleospora</i>	×	–	–	–	–	–	–
<i>Podospora</i>	–	–	–	–	×	–	–
<i>Rhizoctonia</i>	–	–	×	×	–	×	–
<i>Rhizopus</i>	×	×	×	×	×	–	×
<i>Robillarda</i>	–	×	–	–	–	–	–
<i>Scopulariopsis</i>	–	–	–	–	×	–	–
<i>Sordaria</i>	–	×	–	–	–	–	–

Tabela 1 - Ocorrência de gêneros de fungos filamentosos em solo de cultivos agrícolas e florestais (Conclusão)

Gêneros de fungos	Cultivos agrícolas				Cultivos florestais		
	citrus	girassol	algodão	soja	goiaba	serrapilheira de pinus	uva-do-japão
<i>Thielavia</i>	–	×	–	–	–	–	–
<i>Torula</i>	–	×	–	–	–	–	–
<i>Trichoderma</i>	×	×	×	×	×	×	×
<i>Ulocladium</i>	×	–	–	–	–	–	–
Total	18	23	34*	26*	12	12	13

Legenda: * = demais gêneros são descritos como "raros", sem diferenciação entre o cultivo de algodão e/ou soja.

Fonte: citrus (PRADE et al., 2007); girassol (SOUZA-MOTA et al., 2003); algodão e soja (CARVALHO, 2008); goiaba (SILVÉRIO, 2007); serrapilheira de pinus (GHIZELINI et al., 2006); uva-do-japão (PRADE et al., 2006).

frescos, sem estação seca, com geadas severas frequentes, temperatura média anual de 18,3 °C e precipitação média anual de aproximadamente 1.500 mm/ano (CHAFFE; KOBAYAMA, 2010). Segundo Embrapa (1984, 1999), na área de estudo predomina a classe de solo cambissolo álico. O horizonte A nessa classe, na maior parte das vezes, é proeminente e a textura é argilosa. São solos bastante suscetíveis à erosão quando o relevo é fortemente ondulado e moderadamente suscetível em relevo suavemente ondulado.

As amostras do solo foram coletadas mensalmente no período de novembro de 2005 a outubro de 2006, a uma profundidade da superfície de 5 cm, totalizando 12 coletas. A área amostrada foi de 5.000 m², sendo feitas coletas em três pontos distintos, constituindo-se uma amostra composta. O material coletado foi armazenado em saco plástico e conservado sob refrigeração por 24 horas. As análises foram realizadas no Laboratório de Microbiologia e Biologia Molecular (LabMicro) do Departamento de Patologia Básica da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Para o isolamento dos fungos aplicou-se a técnica de diluição sucessiva (CLARK, 1965), utilizando 10 g de solo úmido previamente peneirado em malha de 2 mm, transferido para frascos de vidro contendo 90 mL de solução salina (NaCl a 0,9%) com pérolas de vidro (5-6 mm de diâmetro) e agitados por 20 minutos em agitador (100 rpm). Dessa diluição, 1 mL foi adicionado a 9 mL de água destilada esterilizada obtendo-se a diluição de 10²; repetiu-se esse procedimento para se obter a diluição 10³. Da diluição 10³ retirou-se 0,1 mL, que foi colocado em placa de Petri contendo 20 mL do meio batata

dextrose ágar (BDA) acrescido de estreptomicina (0,03 g/L), em três repetições. As placas dessa diluição foram inoculadas e incubadas em câmara incubadora tipo BOD a 26 ± 1 °C por um período médio de cinco dias em escuro contínuo.

As colônias que apresentaram macromorfologias distintas foram isoladas em BDA, incubadas a 25 ± 1 °C por 10 dias. Após o crescimento, os isolados foram mantidos sob refrigeração a 4 °C. Para a identificação foram utilizados critérios macro e micromorfológicos pelo método de cultura em lâmina ou microcultivo (KERN; BLEVINS, 1999) e chaves de identificação específicas (ALVES, 1998; BARNETT; HUNTER, 1999; HOOG; GUARRO, 2004; KONEMAN et al., 2006; LARONE, 2002). As lâminas foram fixadas em lactofenol de Amman e analisadas no microscópio ótico, sob aumento de 100x.

Após a identificação dos gêneros foi realizada a quantificação da frequência absoluta das colônias, estimando-se a quantidade total dos fungos isolados em unidades formadoras de colônia (UFC). Os dados foram submetidos à análise estatística pelo teste do qui-quadrado.

Resultados e discussão

Nas coletas realizadas durante o período de 12 meses em solo de erval em monocultura, foram identificados 11 gêneros de fungos, totalizando 1.300 UFC/g. O *Aspergillus* apresentou o maior número de isolados, seguido por *Penicillium*, *Acremonium*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Paecilomyces*, *Rhizopus*, *Trichoderma*,

Metarhizium, *Gliocladium* e *Lecanicillium* (Tabela 2). Segundo Domsch et al. (1993), Wicklow e Carroll (1983) e Stamford et al. (2005), todos os gêneros identificados são habitantes comuns do solo de florestas, campos, solos arenosos ou áreas cultivadas.

Moreira e Siqueira (2002) descrevem que os gêneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Trichoderma*, *Fusarium*, *Lecanicillium*, *Alternaria*, *Mucor* e *Pythium* são fungos comumente isolados no solo. O presente estudo confirma em grande parte esses dados, pois *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Trichoderma*, *Fusarium* e *Lecanicillium* também foram isolados e corresponderam a 64,75% do total de UFC isoladas (Tabela 2).

Persiani et al. (1998) relataram que a diversidade de fúngica em solo de ecossistema perturbado pode favorecer a prevalência de algumas espécies de *Penicillium*, *Acremonium*, *Metarhizium*, *Paecilomyces*, *Trichoderma*, *Beniowskia* e *Gonytrichum*. Os resultados deste estudo foram semelhantes, com exceção dos dois últimos gêneros citados, que não foram isolados.

Em relação à diversidade de gêneros identificados (11), esse resultado foi bastante próximo aos obtidos por Silvério (2007) em monocultivo de

goiaba (12), Ghizelini et al. (2006) em serrapilheira de pinus (12), Prade et al. (2006) em uva-do-japão (13) e Prade et al. (2007) em citrus (18). Entretanto, Carvalho (2008) isolou 26 e 34 gêneros de fungos em solo de cultivo de soja e algodão, respectivamente. Esse autor relata que a prática sustentável da utilização dos recursos naturais, como o plantio direto, pode favorecer a manutenção da biodiversidade em solos em que ocorre a substituição da vegetação nativa por plantações.

Entre os fatores que podem estar diretamente associados à baixa diversidade da microbiota fúngica do solo, de acordo com Klich (2002), estão a variedade florística reduzida, fatores abióticos e manejo inadequado das áreas cultivadas. Gliessmann (2000) ressalta que o manejo correto do solo e das culturas pode influenciar as dinâmicas populacionais dos organismos do solo e que a rotação de cultura, cultivos de cobertura e o aproveitamento de resíduos (de culturas) e esterco são práticas que promovem uma população biologicamente diversificada no solo. Em erva-mate, entretanto, poucas práticas culturais são realizadas e Philipovsky et al. (2003) alertam que a prática de limpeza rotineira (capinas) realizada nesse cultivo é uma das causas fundamentais do empobrecimento do solo.

Neste estudo observou-se a ocorrência de diversos gêneros de fungos com potencial fitopatogênico, como *Aspergillus*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Verticillium* e *Penicillium* (DOMSCH et al., 1993). De acordo com Bergamin et al. (1995), isso indica que a baixa variabilidade florística pode afetar o desenvolvimento de gêneros que atuam como antagonistas, assim como a uniformidade de espécies vegetais pode direcionar a ocorrência de habitats específicos para determinadas espécies fúngicas. Além disso, os gêneros isolados possuem características ecológicas peculiares quanto a interações de patogenicidade ou não a plantas, outros grupos de fungos e também sua patogenicidade a insetos.

O gênero *Aspergillus*, com maior número de UFC neste trabalho, representa um grupo de fungos amplamente difundido, ocorrendo com grande frequência em áreas cultivadas e solos de florestas tropicais (CHRISTENSEN; TUTHILL, 1985), sendo, normalmente, dominante em número de UFC e de espécies em biomas como a Caatinga (SILVÉRIO, 2007; CAVALCANTI et al., 2006).

Tabela 2 - Número de unidades formadoras de colônias (UFC $\times 10^3$) e porcentagem de fungos (%) isolados de amostras de solo, em um plantio em monocultura de erva-mate no município de Campo Alegre, SC, Brasil, de novembro de 2005 a outubro de 2006

Gêneros	Número de UFC	%
<i>Aspergillus</i>	363	27,92%
<i>Penicillium</i>	313	24,08%
<i>Acremonium</i>	270	20,77%
<i>Cladosporium</i>	93	7,15%
<i>Fusarium</i>	82	6,30%
<i>Paecilomyces</i>	45	3,47%
<i>Rhizopus</i>	41	3,15%
<i>Trichoderma</i>	35	2,69%
<i>Metarhizium</i>	26	2,00%
<i>Gliocladium</i>	24	1,85%
<i>Lecanicillium</i>	08	0,61%

Fonte: Dados da pesquisa.

Penicillium, também abundante na área amostrada, é um gênero cosmopolita envolvido na decomposição de matéria orgânica no solo e antagonista de espécies de fitopatógenos (GOMEZ et al., 2007). De acordo com Carvalho (2008), a predominância desse gênero pode estar diretamente relacionada à produção de metabólitos secundários, ou indiretamente, pela competição nutricional, maior produção de esporos e maior capacidade de crescimento em meio de cultura.

Fusarium apresenta espécies patogênicas e não patogênicas, abrigadas em solos naturais ou cultivados, onde podem permanecer por longo tempo sob a forma saprofitica (EDEL et al., 1997). É relatado também como patógeno de coccídeos e outras cochonilhas em algumas espécies de frutíferas (ALVES, 1998; AZEVEDO et al., 2000b). Esse gênero, de acordo com Poletto et al. (2006), é um habitante natural do solo em plantações de erva-mate. Contudo, provavelmente em razão de práticas de manejo inadequadas, como excesso de adubação, estresse da erva, modificações genéticas e/ou mudanças climáticas, esse fungo sofreu modificações, deixando de ser saprofito e passando a ser patogênico, causando a podridão de raízes nessa cultura.

Os fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Fusarium* destacam-se por serem contaminantes de produtos agrícolas e/ou alimentos e por produzirem metabólitos secundários tóxicos, denominados micotoxinas, que podem provocar intoxicações em seres humanos e animais (ELLIS et al., 1991; LAZZARI, 1997). Em pesquisa realizada por Borges et al. (2002), em marcas comerciais de erva-mate, os gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* também foram isolados indicando que a contaminação com estes fungos pode ser proveniente do solo do erval quando as folhas colhidas são colocadas diretamente no chão.

O gênero *Acremonium* é comumente encontrado em solo e na serrapilheira (GHIZELINI et al., 2006). Também é considerado um fungo entomopatogênico, infectando hemípteros, himenópteros e coleópteros (ALVES, 1998; AZEVEDO et al., 2000a, b), além de ser endofítico na erva-mate (PENNA, 2000; PIMENTEL et al., 2006).

O *Cladosporium* é considerado um colonizador saprofito primário (DOMSCH et al., 1993) e fungo de semente de erva-mate (AUER; GRIGOLETTI JÚNIOR, 2002). O gênero *Paecilomyces*, considerado um fungo saprofito, apresenta espécies entomopatogênicas de

himenópteros (LOUREIRO et al., 2005), lepidópteros, coleópteros, homópteros e ortópteros (ALVES, 1998). O *Lecanicillium* é considerado entomopatogênico, infectando frequentemente homópteros (LOUREIRO et al., 2003), himenópteros (LOUREIRO et al., 2004) e coleópteros (BAUTISTA, 2000).

O *Rhizopus*, considerado saprofito e fungo de semente de erva-mate (AUER; GRIGOLETTI JÚNIOR, 2002), também foi relatado como contaminante em marcas comerciais de erva-mate por Borges et al. (2002) e Bernardi et al. (2005).

O *Trichoderma* é um fungo comum em solos, podendo habitar diversos substratos, especialmente florestais, já que possui grande potencial saprofito (KUTER, 1986). Domsch et al. (1993) descrevem espécies de *Trichoderma* como antagonistas de fungos fitopatogênicos, destacando-se a espécie *T. harzianum*, em relação ao controle de *Pythium*, *Helmintosporium*, *Verticillium*, *Alternaria*, *Rhizoctonia* e *Fusarium oxysporum*. O *Gliocladium* é citado como parasita de outros fungos (BETTIOL, 2003) e saprofito em erva-mate (AUER; GRIGOLETTI JÚNIOR, 2002).

O *Metarhizium* é um gênero amplamente distribuído na natureza, podendo ser facilmente encontrado no solo onde sobrevive por longos períodos (ALVES, 1998), porém foi pouco abundante na área estudada. O *M. anisopliae* é apontado como um agente de controle biológico de grande potencialidade e vem sendo utilizado com sucesso contra cigarrinhas (Hemiptera, Cercopidae), como a da cana-de-açúcar, *Mahanarva posticata* (Stal, 1855); das pastagens, *Zulia entreriana* (Berg, 1879) e *Deois flavopicta* (Stal, 1854) (FARIA; MAGALHÃES, 2001).

Comparando-se a frequência dos gêneros isolados nas diferentes estações do ano, observou-se que houve diferença significativa, com o maior número de UFC obtido no verão, seguido do outono, primavera e inverno. Os gêneros que ocorreram em todas as estações foram apenas *Aspergillus* e *Penicillium* (Tabela 3). Prade et al. (2007) também isolaram esses fungos em plantação de citrus em todas as estações do ano. Contudo, Prade et al. (2006), mesmo tendo isolado *Aspergillus* em todas as estações em solo de plantação de uva-do-japão, não observaram a presença de *Penicillium* durante o período experimental de 24 meses.

Garlipp (1995) e Tauk-Tornisielo et al. (2005), analisando o solo na Floresta Atlântica de Banhado Grande – no Estado de São Paulo –, e Cavalcanti et al.

Tabela 3 - Número de unidades formadoras de colônias de fungos (UFC × 10³) isolados de amostras de solo, nas estações do ano, em um plantio em monocultura de erva-mate no município de Campo Alegre, SC, Brasil, de novembro de 2005 a outubro de 2006

	Primavera*	Verão**	Outono***	Inverno****
<i>Aspergillus</i>	65	134	75	89
<i>Penicillium</i>	44	87	96	86
<i>Acremonium</i>	29	207	34	00
<i>Cladosporium</i>	00	36	57	00
<i>Fusarium</i>	00	48	34	00
<i>Paecilomyces</i>	08	00	00	37
<i>Rhizopus</i>	00	00	41	00
<i>Trichoderma</i>	00	00	00	35
<i>Metarhizium</i>	00	20	06	00
<i>Gliocladium</i>	24	00	00	00
<i>Lecanicillium</i>	00	00	00	08
Total	205a	532c	343b	181c

Legenda: *primavera = setembro, outubro, novembro; **verão = dezembro, janeiro e fevereiro; ***outono = março, abril, maio; ****inverno = junho, julho e agosto. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste do X² (p = 0,01%).

Fonte: Dados da pesquisa.

(2006), na Caatinga dos Estados de Alagoas e Sergipe, verificaram que esses gêneros também ocorreram tanto no verão quanto no inverno.

Para Mueller-Dombois (1983 apud PRADE et al., 2006), a ocorrência de diferenças quali-quantitativas na comunidade fúngica do solo, em diferentes estações, pode estar associada a características ecológicas desses organismos, destacando-se a amplitude de dispersão, o heterotrofismo e a capacidade de sobreviver em condições ambientais adversas. Além disso, a atividade dos micro-organismos decompositores em solo ou em serrapilheira pode variar com a sazonalidade (estações do ano), em função de mudanças na temperatura e disponibilidade de água (DE SANTO et al., 2002). Persiani et al. (1998) também registraram diferenças significativas para o número total de isolados nas diferentes estações do ano, assim como as variações climáticas sazonais, aparentemente, não determinaram mudanças na abundância fúngica do solo.

Conclusão

Dos 11 gêneros de fungos filamentosos identificados, *Aspergillus* e *Penicillium* foram os mais frequentes e os únicos que persistem no solo do erval avaliado por todas as estações do ano. Espécies saprófitas, fitopatogênicas e entomopatogênicas ocorrem na área, demonstrando que, apesar do sistema de monocultura, a diversidade dos fungos filamentosos de solo é compatível com áreas de diversas culturas, apresentando inclusive inóculos de espécies que podem ser utilizadas para o controle de pragas e doenças da erva-mate.

Agradecimentos

Ao CNPq, pela bolsa de Doutorado concedida à primeira autora e pela bolsa de pesquisa concedida para a segunda. Aos pesquisadores do Laboratório de Entomologia da Embrapa Florestas, Colombo, PR. Ao senhor Paulo Corrêa, pela concessão da área experimental.

Referências

- ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 19-31, 1999.
- ALVES, S. B. **Controle microbiano de insetos**. Piracicaba: FEALQ, 1998.
- ANDERSON, I. C.; CAIRNEY, J. W. G. Diversity and ecology of soil fungal communities: increased understanding through the application of molecular techniques. **Environmental Microbiology**, v. 6, n. 8, p. 769-779, 2004.
- AUER, C. G.; GRIGOLETTI JÚNIOR, A. Associação de fungos com *Ilex* spp. **Bol. Pesq. Fl.**, n. 45, p. 109-124, 2002.
- AZEVEDO, J. L. et al. Endophytic microorganisms: a review on insect control and recent advances on tropical plants. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 3, n. 1, p. 1-36, 2000a.
- AZEVEDO, J. L.; ARAÚJO, W. L.; MACCHERONI JUNIOR, W. Importância dos microrganismos endofíticos no controle de insetos. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. (Ed.). **Controle biológico**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000b.

- BARNETT, H. C.; HUNTER, B. B. **Illustrated genera of imperfect fungi**. 4th ed. New York: Macmillan Publishing Company, 1999.
- BAUTISTA, L. Hongos entomopatógenos parasitando en estado natural la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera:Scolytidae) en el estado Tachira Venezuela. In: JORNADAS CIENTÍFICO TÉCNICAS, 6., 2000, Venezuela. **Anais...** Universidad Nacional Experimental del Tachira: Venezuela, 2000.
- BERGAMIN, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995.
- BERNARDI, E.; CALDEIRA, M. F.; NASCIMENTO, J. S. Identificação de fungos filamentosos em erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). **Arq. Inst. Biol.**, v. 72, n. 4, p. 489-493, 2005.
- BETTIOL, W. Controle de doenças de plantas com agentes de controle biológico e outras tecnologias alternativas. In: CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. (Ed.). **Métodos alternativos de controle fitossanitário**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. p. 191-215.
- BORGES, L. R. et al. Contagem de fungos no controle de qualidade da erva mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) e isolamento de gêneros potencialmente micotoxigênicos. **Boletim do CEPPA**, v. 20, n. 1, p. 103-110, 2002.
- CARVALHO, V. G. **Comunidades de fungos em solo do cerrado sob vegetação nativa e sob cultivo de soja e algodão**. 62 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.
- CAVALCANTI, M. A. Q. et al. Fungos filamentosos isolados do solo em municípios na região do Xingó – Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 831-837, 2006.
- CHAFFE, P. L. B.; KOBAYAMA, M. **Estudo hidrológico comparativo na região serrana sul brasileira**. Disponível em: <http://www.labhidro.ufsc.br/Projetos/ARTI_2008/BYEE-COMPLETO.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2010.
- CHRISTENSEN, M.; TUTHILL, D. *Aspergillus* an overview. In: SAMSON, R.; PITT, J. (Ed.). **Advances in Penicillium and Aspergillus systematics**. New York: Plenum Press, 1985. p. 195-209.
- CLARK, F. E. Agar-plate method for total microbial count. In: BLACK, C. A. et al. (Ed.). **Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 1460-1466.
- DE SANTO, A. V. et al. Fungal mycelium and decomposition of needle litter in three contrasting coniferous forests. **Acta Oecologica**, v. 23, n. 4, p. 247-259, 2002.
- DOMSCH, K. H.; GAMS, W.; ANDERSON, T. H. **Compendium of soil fungi**. 2nd ed. Eching: IHW-Verlag, 1993. v. 1.
- DORAN, J. W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M. A. Soil health and sustainability. **Advances in Agronomy**, v. 56, p. 1-54, 1996.
- DUTRA, P. F. F. et al. Levantamento da diversidade da microbióta fúngica de solo em matas de galeria da reserva biológica da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, campus Campo Grande. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 7., 2005, Caxambu. **Anais...** Caxambu: [s.n.], 2005.
- EDEL, V. et al. Populations of nonpathogenic *Fusarium oxysporum* associated with roots of four plant species compared to soilborne populations. **Phytopathology**, v. 87, n. 7, p. 693-697, 1997.
- EGGINS, H. O.; ALLSOPP, D. Biodeterioration and biodegradation by fungi. In: SMITH, J. E.; BERRY, D. R. (Ed.). **The filamentous fungi**. London: Edward Arnold, 1975. v. 1, p. 301-319.
- ELLIS, W. O. et al. Aflatoxins in food: occurrence, biosynthesis, effects on organisms, detection, and methods of control. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 30, n. 4, p. 403-439, 1991.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos**. Rio de Janeiro: SNLCS/SUDESUL/IAPAR, 1984. Tomo II.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: SPDI – Embrapa Solos, 1999.
- FARIA, M. R.; MAGALHÃES, B. P. O uso de fungos entomopatogênicos no Brasil: situação atual e perspectivas. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v. 22, p. 18-21, 2001.
- GARLIPP, A. B. **Isolamento e identificação de fungos filamentosos do solo do Banhado Grande, na Estação Ecológica de Juréia-Itatins, SP**. 94 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Aplicada) – Instituto de Biociências da UNESP, Jaboticabal, 1995.
- GHIZELINI, A. M.; AUER, C. G.; PIMENTEL, I. C. Fungos presentes em acículas de *Pinus taeda* em estágios iniciais de decomposição no campo. **Bol. Pesq. Fl.**, n. 53, p. 155-178, 2006.

- GLIESSMANN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: Editora Universidade, 2000.
- GOMEZ, E.; PIOLI, R.; CONTI, M. Fungal abundance and distribution as influenced by clearing and land use in a vertic soil of Argentina. **Biology and Fertility of Soils**, v. 43, n. 3, p. 373-377, 2007.
- HOOG, G. S.; GUARRO, J. **Atlas of clinical fungi**. Virgili: Centraalbureau voor Schimmelcultures/Universitat Rovira i, 2004.
- HYDE, K. D. Can we rapidly measure fungal diversity? **Mycologist**, v. 11, n. 4, p. 176-178, 1997.
- KERN, M. E.; BLEVINS, K. S. **Micologia médica**. 2. ed. São Paulo: Premier, 1999.
- KIRK, J. L. et al. Methods of studying soil microbial diversity. **Journal of Microbiological Methods**, v. 58, n. 2, p. 169-188, 2004.
- KLICH, M. A. Biogeography of *Aspergillus* species in soil and litter. **Mycologia**, v. 94, n. 1, p. 21-27, 2002.
- KONEMAN, E. W. et al. **Diagnóstico microbiológico**. São Paulo: MEDSI, 2006.
- KUTER, G. A. Microfungal populations associated with the decomposition of sugar maple leaf of litter. **Mycologia**, v. 78, n. 1, p. 114-126, 1986.
- LARONE, D. H. **Medically important fungi**: a guide to identification. 4th ed. Washington: ASM Press, 2002. p. 303-304.
- LAZZARI, F. A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. 2. ed. Curitiba: Ed. do Autor, 1997.
- LOUREIRO, E. S.; OLIVEIRA, N. C.; WILCKEN, C. F. Avaliação da patogenicidade do fungo *Verticillium lecanii* (Zimm) Viegas (*Deuteromycotina: Hypomycetes*) ao pulgão-gigante-do-pinus *Cinara atlantica* (*Hemiptera: Aphididae*). In: SIMPÓSIO SOBRE CINARA EM PINUS. 2003. Curitiba. **Anais...** Colombo, PR: Embrapa Florestas, Curitiba, 2003. CD-ROM.
- LOUREIRO, E. S. et al. Patogenicidade de *Verticillium lecanii* ao pulgão-do-pinus. **Revista Árvore**, v. 28, n. 5, p. 765-770, 2004.
- LOUREIRO, E. S.; MONTEIRO, A. C. Patogenicidade de isolados de três fungos entomopatogênicos a soldados de *Atta sexdens sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Árvore**, v. 29, n. 4, p. 553-561, 2005.
- MIRANDA, N.; URBAN, T. **Engenhos e barbaquás**. Curitiba: Posigraf, 1998.
- MOREIRA, F.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002.
- MORENO, C. E. **Métodos para medir la biodiversidad**. Saragoza; Orcyt: UNESCO; Sociedad Entomológica Aragonesa, 2001.
- PENNA, E. B. S. **Microrganismos endofíticos em erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) e variabilidade genética em *Phyllosticta* sp. por RAPD**. 2000. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.
- PERSIANI, A. M. et al. Diversity and variability in soil fungi from a disturbed tropical rain forest. **Mycologia**, v. 90, n. 2, p. 206-214, 1998.
- PHILIPPOVSKY, J. F.; DEDECEK, R. A.; MEDRADO, M. J. S. Conservação do solo na cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* S. Hill.) pelo uso de coberturas verdes de inverno. **Comunicado Técnico**, n. 102, Embrapa, 2003.
- PIMENTEL, I. C. et al. Fungos endofíticos em folhas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.). **Floresta**, v. 36, n. 1, p. 123-128, 2006.
- POLETTI, I. et al. Zoneamento e identificação de *Fusarium* spp. causadores de podridão de raízes em plantios de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) na região do Vale do Taquari, RS. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 1, p. 1-10, 2006.
- PRADE, C. A. et al. Diversidade de fungos filamentosos e microscópicos do solo em uma plantação de *Hovenia dulcis* Thumb. **Biociências**, v. 14, n. 2, p. 101-106, 2006.
- PRADE, C. A. et al. Diversidade de fungos do solo em sistemas agroflorestais de *citrus* com diferentes tipos de manejo no município de Roca Sales, Rio Grande do Sul, Brasil. **Biociências**, v. 15, n. 1, p. 73-81, 2007.
- SILVÉRIO, M. L. **Fungos filamentosos isolados da rizosfera de plantas nativas da caatinga e de cultivos de goiabeiras (*Psidium guajava* L.) sadias e infestadas por nematóides**. 2007. 47 f. Dissertação (Mestrado em Biologia de Fungos) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.
- SIMÕES, M. L. G.; TAUK-TORNISIELO, S. M. Optimization of xylanase biosynthesis by *Aspergillus japonicus* isolated from a "Caatinga" area in the Brazilian state of Bahia. **African Journal of Biotechnology**, v. 5, n. 11, p. 1135-1141, 2006.

SOARES, C. M. S.; IEDE, E. T. Perspectivas para o controle da broca-da-erva-mate *Hedypathes betulinus* (Klug, 1825) Coleoptera: Cerambycidae. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 1.; REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 2., 1997, Curitiba. **Anais...** Curitiba: [s.n.], 1997. p. 391-400.

SOUZA-MOTTA, C. M. et al. Identification and characterization of filamentous fungi isolates from the sunflower (*Helianthus annuus* L.) rhizosphere according to their capacity to hydrolyze insulin. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 34, n. 3, p. 273-280, 2003.

STAMFORD, N. P. et al. Microbiota dos solos tropicais. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. (Ed.). **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. p. 61-92.

TAUK-TORNISIELO, S. M. et al. Soilborne filamentous fungi in Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 45, n. 1, p. 72-82, 2005.

WICKLOW, D. T.; CARROLL, G. C. **The fungal community; its organization and role in the ecosystem**. New York: Basel, 1983.

Recebido: 03/05/2011

Received: 05/03/2011

Aprovado: 09/09/2011

Approved: 09/09/2011