

Fungos Presentes em Acículas de *Pinus taeda* em Estágios Iniciais de Decomposição no Campo¹

Angela Michelato Ghizelin²

Celso Garcia Auer³

Ida Chapaval Pimentel⁴

RESUMO

A atividade da micobiota na decomposição e mineralização da matéria orgânica é importante na ciclagem de nutrientes em florestas, garantindo sua produtividade e sustentabilidade. Este estudo determinou a diversidade de fungos durante a decomposição de acículas de *Pinus taeda*, em um plantio experimental com quatro anos de idade, em Três Barras, SC, Brasil. Acículas senescentes foram coletadas em árvores em novembro de 2003 e colocadas em sacolas seletivas para microrganismos e deixadas sobre a serapilheira da floresta. O isolamento de fungos foi feito das acículas da primeira coleta (novembro de 2003) e das mantidas em sacolas, nos meses de fevereiro, maio e agosto de 2004. Fragmentos de acículas foram submetidos a 20 lavagens sucessivas em água destilada estéril e implantados em placas de petri contendo meio extrato de malte 2 %. As colônias encontradas foram purificadas, identificadas e preservadas, perfazendo um total de 1.055, pertencentes a 13 fungos: *Acremonium* sp., *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp., *Colletotrichum* sp., *Epicoccum* sp., *Fusarium* sp., *Gliocladium* sp., *Mucor* sp., *Penicillium* sp., *Pestalotia* sp., *Rhizoctonia* sp., *Trichoderma* sp. e *Verticillium* sp. Os fungos *Trichoderma* sp., *Fusarium* sp. e *Verticillium* sp. foram significativamente mais freqüentes. Considerou-se que a diversidade fúngica existente é suficiente para o início da decomposição das acículas, pela presença de fungos celulolíticos.

Palavras-chave: Biodiversidade, floresta de pinus, micologia.

¹ Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor.

² Bióloga, Universidade Federal do Paraná. email: angiemighi@hotmail.com

³ Engenheiro Florestal, Doutor, pesquisador da *Embrapa Florestas*. email: auer@cnpf.embrapa.br

⁴ Engenheira Agrônoma, Universidade Federal do Paraná. email: ida@ufpr.br

Fungi Present on *Pinus taeda* Needles in Early Stages of Decomposition in the Field

ABSTRACT

Knowing of the dependence between local area productivity, nutrient cycling and litter decomposition process, the knowledge of the mycobiota responsible for decomposition is the right way to obtain answers about forest's productivity and nutrient's demand. This study determined the fungal diversity during litter decomposition of needle of *Pinus taeda* in an experimental plantation with four years old, located at Três Barras, SC, Brazil. Senescent needles were collected from trees in november/2003 and putted in selective bags for microorganisms, which were left over the forest litter. The first sample was taken to the laboratory and the remaining ones were kept *in situ* so that the needles continue their natural decomposition process and were collected every three months. The collected needles were submitted at 20 successive washings. Fragments were taken off and inserted in Petri dishes containing malt extract agar 2% and were incubated at enviromental conditions. During fungi succession, 13 genera were identified: *Acremonium* sp., *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp., *Colletotrichum* sp., *Epicoccum* sp., *Fusarium* sp., *Gliocladium* sp., *Mucor* sp., *Penicillium* sp., *Pestalotia* sp., *Rhizoctonia* sp., *Trichoderma* sp. and *Verticillium* sp. The most significant fungi were *Trichoderma* sp., *Fusarium* sp. and *Verticillium* sp. It was considered that the present fungal biodiversity is enough to start needle decomposition, by presence of cellulolitic fungi.

Keywords: Biodiversity, mycology, pine forest.

1. INTRODUÇÃO

O reflorestamento comercial baseado em *Pinus* no Brasil iniciou-se na segunda metade da década de 1960, pelo plantio de *P. elliottii* var. *elliottii* e *P. taeda* na Região Sul e de pinheiros tropicais nas demais regiões brasileiras. Sua madeira é matéria prima para importantes atividades industriais, como a produção de celulose

e papel, embalagens, aglomerados, mobiliário, compensados, chapas, dentre outras. Atualmente, cerca de 1,8 bilhão de ha são ocupados por espécies de *Pinus* no Brasil, predominando *P. taeda* (O SETOR FLORESTAL BRASILEIRO, 1998).

Tal área plantada cobre uma grande variedade de solos (REISSMANN & WISNIEWSKI, 2000) e acentuadas diferenças de produtividade (CARVALHO et al., 1999). As diferenças na produtividade florestal são devida às interações entre fatores biofísicos e biológicos, estas são denominadas de sítios e, geralmente, expressam pela altura dominante das árvores numa determinada idade. Esses fatores desempenham papel preponderante na definição da qualidade do sítio (GONÇALVES et al., 1990). A ciclagem biológica e a retranslocação de nutrientes são responsáveis pelo aparente bom estado nutricional apresentado pelas acículas de pínus (REISSMANN & WISNIEWSKI, 2000).

A serapilheira depositada na superfície do solo apresenta quantidades significativas de nutrientes, que retornam ao solo, após a sua decomposição, e são absorvidos novamente pelas árvores. A decomposição ocorre pela ação dos microrganismos decompositores de matéria orgânica. A quantidade disponibilizada desses nutrientes depende da velocidade de decomposição que, por sua vez, depende, de outros fatores, como a composição da serapilheira, temperatura, pH do solo, precipitação pluviométrica e da qualidade do sítio (FERREIRA, 1993; REISSMANN & WISNIEWSKI, 2000). A camada de serapilheira em sítios pouco produtivos é significativamente mais espessa, quando comparada com sítios mais produtivos (REISSMANN & WISNIEWSKI, 2000).

Sabendo-se da dependência entre a produtividade do sítio e a ciclagem de nutrientes (JORGENSEN et al., 1975; SWITZER & NELSON, 1972; MILLER, 1981; WISNIEWSKI, 1989) e da ciclagem de nutrientes com o processo de decomposição da serapilheira acumulada, o conhecimento da microbiota responsável pela decomposição é um caminho adequado para se obter respostas sobre a produtividade e o fluxo de retorno de nutrientes ao solo (SIQUEIRA et al., 1994).

Na biosfera, o habitat mais rico em fungos é o solo. A principal função desses organismos no solo é a degradação da matéria orgânica, tendo um papel importante na degradação da celulose e da lignina, gerando biomassa protéica ou mesmo servindo como alimento para outros organismos (ROITMAN et al., 1991).

A diversidade de fungos encontrados no solo é grande, mas alguns gêneros são mais comuns do que outros. Os gêneros mais freqüentemente isolados do solo são: *Mucor*, *Penicillium*, *Trichoderma* e *Aspergillus*, seguidos por *Rhizopus*, *Zygorhynchus*, *Fusarium*, *Cephalosporium* e *Verticillium* (ROITMAN et al., 1991).

O processo de senescência das folhas é acompanhado por um leve aumento na riqueza de espécies fúngicas colonizadoras e também por um aumento na colonização interna das folhas (SADAKA & PONGE, 2003). Entretanto, um grande número de fungos conhecidos por serem epifíticos é capaz de viver endofiticamente nos tecidos vegetais (PETRINI, 1991). Fell & Hunter (1979) constataram que uma proporção considerável de componentes orgânicos é removida da lâmina foliar antes do enfraquecimento da base da folha. Ou seja, o processo de senescência aparentemente modifica o nicho ecológico, permitindo o desenvolvimento de organismos que são normalmente adaptados para uma vida saprofítica.

A decomposição de material vegetal envolve pelo menos quatro grupos distintos de microrganismos: celulolíticos, hemicelulolíticos, pectinolíticos e ligninolíticos. Geralmente, a degradação de um substrato complexo, folhas, tecidos microbianos mortos ou exoesqueletos de insetos processa-se mais rapidamente na presença de uma comunidade microbiana do que na presença de uma única população (TAUK, 1990). De outro modo, no primeiro estágio de decomposição, a taxa de degradação está correlacionada com a colonização fúngica (SWIFT, 1984). A heterogeneidade temporal e espacial da decomposição da serapilheira foi sugerida como sendo resultado da diversidade da comunidade fúngica envolvida em estágios avançados de decomposição (SWIFT, 1984). A serapilheira de coníferas é, predominantemente, decomposta por fungos sob condições oxidativas (MILLAR, 1974; DONNELLY et al., 1990).

Poucos são os trabalhos acerca dos fungos sobre a filosfera de *Pinus*. Encontram-se relatos de estudos de populações fúngicas em acículas de *Pinus spp.* (KAHLKI et al., 1986; VENEDIKIAN & GODEAS, 1996; TOKUMASU, 1998a; TOKUMASU, 1998b; VENEDIKIAN et al., 2001; DE SANTO et al., 2002).

Embora muito se tenha estudado sobre a silvicultura de pínus no Brasil e a ciclagem de nutrientes, não existem informações sobre a microbiota decompositora e a sucessão sobre a serapilheira durante o processo de decomposição. Essas

atividades microbianas seriam, provavelmente, o mais importante fator na ciclagem de nutrientes de uma floresta plantada ou não.

O conhecimento da microbiota decompositora é fundamental para o levantamento taxonômico das populações presentes e dos processos metabólicos utilizados por estes organismos, informações imprescindíveis para que se possa compreender as interações ambientais.

O objetivo desse estudo é contribuir para o conhecimento da diversidade dos fungos no processo de sucessão fúngica durante a decomposição de serapilheira de acículas de *P. taeda* ao longo de 12 meses.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi estabelecido em um plantio experimental de *P. taeda*, com quatro anos de idade, pertencente à empresa Rigesa, Celulose, Papel e Embalagens Ltda., localizada em Três Barras, Estado de Santa Catarina, localizada à latitude de 26° 07' S, longitude 50° 19' W e altitude de 775 m, acima do nível do mar. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfb, Mesotérmico Úmido, sendo a temperatura média do mês mais quente inferior a 22 °C e a do mês mais frio inferior a 18 °C, ocorrendo mais de dez geadas por ano, principalmente nos meses de junho e julho. A precipitação média anual é de 1.434 mm, tendo distribuição equilibrada com 8 % a 10 % da precipitação anual ocorrendo em todos os meses. Ocorre excedente hídrico coincidente com os meses de verão e ausência de deficit hídrico. As informações foram fornecidas pela empresa Rigesa, Celulose, Papel e Embalagens Ltda.

Os solos encontrados predominam nas classes texturais argilosa e muito argilosa com horizonte A espesso e com altos conteúdos de matéria orgânica, e são bem drenados. No aspecto químico, a maior parte da área está sob domínio de solos com médios a altos teores de fósforo e potássio, porém apresenta alto teor álico (altos teores de alumínio) e alto grau de distrofia, portanto, considerados de caráter distrófico (saturação de bases até 6 %), sendo o cálcio o elemento que está sujeito à exaustão, se não for repostado ao sistema.

Em novembro de 2003, uma amostra de 10 kg de acículas prontas para cair

(senescentes) foi coletada e dividida em sub-amostras que foram colocadas em sacos de malha de nylon com 0,003 mm de abertura, seletivas para microrganismos. As sacolas com as acículas foram colocadas sobre a serapilheira da floresta. Com 100 g da amostra inicial (novembro de 2003) fez-se o primeiro isolamento para analisar a população fúngica presente. O restante das amostras foi deixado ao campo, nas sacolas, para que as acículas continuassem seu processo de decomposição natural retiradas em fevereiro, maio e agosto de 2004. Em cada mês, retiraram-se três sacolas, cujas amostras foram colocadas em sacos de polietileno e enviadas ao Laboratório de Microbiologia do Departamento de Patologia Básica da UFPR.

As acículas foram cortadas em pequenos fragmentos de até 5 mm, com auxílio de bisturi esterilizado. Depois, foram submetidos a lavagens sucessivas de 1 minuto cada, trocando-se por 20 vezes a água destilada esterilizada, para que fossem removidos os propágulos superficialmente aderidos, conforme a técnica de Pugh et al. (1972), a qual foi adaptada para o estudo com acículas para a realização desse trabalho.

Cinco fragmentos de acículas foram colocados em placas de petri contendo meio extrato de malte ágar 2 % com adição de sulfato de estreptomicina (1,25 mg/mL de etanol) e incubados por sete dias à temperatura e luminosidade ambiente. Foram utilizadas 20 placas para cada repetição, de onde as colônias fúngicas foram isoladas.

As colônias fúngicas que cresceram a partir dos fragmentos de acículas foram contadas e agrupadas pela morfologia macroscópica. Posteriormente, pequenos fragmentos de meio de cultura contendo pontas de hifas de cada isolado foram transferidos para tubos de estoque contendo meio extrato de malte ágar 2 % inclinado. Os tubos foram mantidos à temperatura e luminosidade ambiente e após crescimento foram conservados a 4 °C.

A técnica do microcultivo (KERN & BLEVINS, 1999) foi utilizada para a obtenção de lâminas contendo as estruturas reprodutivas (sexual e assexual) dos fungos isolados, necessárias para a identificação dos mesmos. Foram utilizadas placas de petri contendo em seu interior duas lâminas cruzadas e chumaços de algodão, previamente esterilizados. Sobre a lâmina, no interior da placa, foram colocados dois quadrados de meio de cultura, cada um com área de 1 cm², que foram lateralmente inoculados com fragmentos de micélio-ágar do tubo de estoque. Sobre cada

quadrado inoculado foi colocada uma lamínula esterilizada. O algodão presente na placa foi umedecido com água destilada esterilizada com auxílio de pipeta.

A primeira lamínula foi retirada após dez dias e a segunda após 20 dias de incubação à temperatura de aproximadamente 28 °C e colocadas sobre lâmina com uma gota de lactofenol azul de algodão 0,05 %. As margens das lâminas foram lacradas com parafina para torná-las permanentes.

A identificação microscópica foi realizada por meio da observação das lâminas e a comparação das estruturas fúngicas com desenhos e fotos de publicações sobre taxonomia de fungos (ELLIS, 1971; BARNETT & HUNTER, 1972; ARX, 1974; ELLIS, 1976; KONEMAN & ROBERTS, 1987; LARONE, 1987; ROSSMAN et al., 1987; SILVEIRA, 1995). Os isolados que não esporularam após um mês de incubação foram considerados como fungos não identificados.

Os dados gerados foram submetidos à análise de variância, onde a variável x dependente foi o gênero dos fungos e as fontes de variação foram as épocas de coleta e os números de isolados dos gêneros. No teste de médias, fez-se a homogeneização dos dados obtidos pela fórmula $\chi = \sqrt{x} + 0,5$, onde χ é a frequência do gênero de função. As diferenças entre as médias foram geradas por três repetições para cada gênero de fungo e 39 para cada coleta, sendo asseguradas pelo teste de Fisher-Prostec com LSD ao nível de 5 % de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O total de isolados registrados foi 1.655, Tabela 1, sendo 963 identificados como pertencentes a 13 gêneros e 88 isolados não puderam ser identificados pela ausência de esporos e estruturas reprodutivas. Desses 13 gêneros, 11 corresponderam à subdivisão Deuteromycetes (1.362 isolados), 1 à Zygomycetes (129 isolados) e 1 à Basidiomycetes (76 isolados). Foram constatados os gêneros: *Acremonium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *Epicoccum*, *Fusarium*, *Gliocladium*, *Penicillium*, *Pestalotia*, *Trichoderma* e *Verticillium* Deuteromycetes), *Mucor* (Zygomycetes) e *Rhizoctonia* (Basidiomycetes).

A predominância de fungos pertencentes aos Deuteromycetes foi também confirmada em diversos outros estudos (WATSON et al., 1974; MAIA, 1983; KUTER, 1986,

SCHOENLEIN-CRUSIUS & TAUKE, 1991, VENEDIKIAN & GODEAS, 1996; WELLBAUM et al., 1999; VENEDIKIAN et al., 2001).

No mês de novembro de 2003 (primeira coleta) as acículas senescentes foram coletadas diretamente da árvore e ainda não estavam em contato com o solo, mas já estavam em processo de decomposição. Foram registrados 606 isolados passando para 447 na segunda coleta (acículas incubadas em sacolas em contato com o solo), referente ao mês de fevereiro de 2004. Na terceira coleta (maio de 2004), o número de isolados caiu para 291 e na coleta subsequente e última (agosto de 2004) esse número passou para 311, representando um pequeno aumento. Pode-se observar a oscilação dos valores de isolados entre os meses de coleta, ficando clara a diminuição no número total de isolados, a partir do avanço do processo de decomposição, aparentando haver uma certa seletividade.

No solo ocorre rápida decomposição inicial de material lábil e, posteriormente, num processo mais lento, de materiais mais resistentes. Essa lentidão pode ocorrer devido ao mecanismo de adsorção, à estabilização de metabólitos e à queda da taxa de biomassa no solo (TAUKE, 1990).

TABELA 1. Número de isolados de fungos de acículas de *Pinus taeda* em decomposição.

Fungo	Época de coleta				Total
	Novembro/2003	Fevereiro/2004	Mai/2004	Agosto/2004	
<i>Acremonium</i> sp.	0	61	0	0	61
<i>Alternaria</i> sp.	79	6	3	0	88
<i>Cladosporium</i> sp.	25	0	0	0	25
<i>Colletotrichum</i> sp.	23	0	0	0	23
<i>Epicoccum</i> sp.	41	0	0	0	41
<i>Fusarium</i> sp.	235	19	69	7	330
<i>Gliocladium</i> sp.	3	15	0	0	18
<i>Mucor</i> sp.	24	59	42	4	129
<i>Penicillium</i> sp.	37	3	3	5	48
<i>Pestalotia</i> sp.	91	5	17	40	153
<i>Rhizoctonia</i> sp.	0	2	0	74	76
<i>Trichoderma</i> sp.	8	152	70	105	335
<i>Verticillium</i> sp.	0	125	39	76	240
Total	606	447	291	311	1655

A interação entre a quantidade de fungos e as coletas foi estatisticamente significativa ($P < 0,05$). Na Tabela 2, pode-se verificar a diferença significativa entre as coletas, especificamente entre novembro de 2003 e as demais. No entanto, a coleta de fevereiro de 2004 (verão), apesar de não ser significativamente diferente da coleta novembro de 2003 (primavera), também não apresentou diferença significativa em relação à coleta agosto de /2004 (inverno), apenas se diferenciou da coleta de outono. Por sua vez, a coleta maio de 2004 (outono) não apresentou diferenças em relação a do inverno, mas apresentou-se significativamente diferente das coletas referentes ao verão e à primavera.

A coleta inicial foi diferente das outras, pois as acículas foram retiradas da árvore e não das sacolas incubadas *in situ*. Já a coleta referente ao mês de maio de 2004 foi realizada em um período considerado mais frio que a referente ao mês de agosto de 2004, talvez por isso apresente um número de isolados menor.

TABELA 2 - Número total de isolados de gêneros de fungos em acículas de *Pinus taeda* em decomposição.

Coleta Mês/ano	Número de isolados	
Novembro/2003	606	A
Fevereiro/2004	447	AB
Agosto/2004	311	BC
Maió/2004	291	C

*Valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD a 5 % de significância.

A sucessão fúngica foi evidenciada pelo aparecimento e desaparecimento de alguns gêneros a cada coleta e também pela oscilação do número de isolados de cada gênero (Tabelas 3 e 1).

Nas acículas senescentes (novembro/2003), foram verificados 10 dos 13 gêneros identificados: *Alternaria*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *Epicoccum*, *Fusarium*, *Gliocladium*, *Mucor*, *Penicillium*, *Pestalotia* e *Trichoderma*. Três desses grupos foram exclusivos dessa coleta inicial: *Cladosporium*, *Colletotrichum* e *Epicoccum*. *Gliocladium* estiveram presentes somente até a segunda coleta e *Alternaria* até a terceira. Os demais gêneros permaneceram até a última coleta.

TABELA 3. Sucessão fúngica em acículas de *Pinus taeda*.

Fungo/Época de coleta	Novembro/2003	Fevereiro/2004	Mai/2004	Agosto/2004
<i>Acremonium</i> sp.	-	+	-	-
<i>Alternaria</i> sp.	+	+	+	-
<i>Cladosporium</i> sp.	+	-	-	-
<i>Colletotrichum</i> sp.	+	-	-	-
<i>Epicoccum</i> sp.	+	-	-	-
<i>Fusarium</i> sp.	+	+	+	+
<i>Gliocladium</i> sp.	+	+	-	-
<i>Mucor</i> sp.	+	+	+	+
<i>Penicillium</i> sp.	+	+	+	+
<i>Pestalotia</i> sp.	+	+	+	+
<i>Rhizoctonia</i> sp.	-	+	-	+
<i>Trichoderma</i> sp.	+	+	+	+
<i>Verticillium</i> sp.	-	+	+	+
TOTAL	10	10	7	7

Os fungos de acículas senescentes corresponderiam aos saprófitos primários, categoria que incluem aqueles fungos que se encontram na acícula e que são os colonizadores iniciais depois da abscisão foliar (HUDSON, 1968; STONE et al., 1996; FRANKLAND, 1998). Os saprófitos primários, geralmente, são habitantes ubíquos de superfície de plantas aéreas (HUDSON, 1968). Entre eles, *Alternaria*, *Cladosporium* e *Epicoccum*, hifomicetos dematiáceos, isolados apenas no material que ainda não estava em contato com o solo. Estes fungos possuem adaptações que os permitem sobreviver em condições desfavoráveis existentes nas superfícies foliares, como a formação de esporos pigmentados e multicelulares em *Epicoccum* e *Alternaria* e microesclerócios em *Cladosporium* (STONE et al., 1996). Esse resultado coincide com o encontrado por diversos outros autores, como Watson et al. (1974); Kuter (1986); De Santo et al. (2002) e Sadaka & Ponge (2003).

Alternaria, *Cladosporium* e *Epicoccum* são considerados gêneros de fungos colonizadores primários comuns de uma grande variedade de folhas de plantas, penetrando em tecidos foliares em processo de senescência (HUDSON, 1968; DICKINSON, 1976; SADAKA & PONGE, 2003). Devido à presença de parede celular espessa e a melanização, apresentam-se relativamente resistentes aos danos causados pela radiação ultravioleta e tolerantes à dessecação (DICKINSON, 1981).

Nas acículas coletadas após os primeiros três meses de incubação em campo (segunda coleta, fevereiro de 2004) foram registrados dez fungos, sendo três os não registrados nas acículas senescentes: *Acremonium* sp., *Rhizoctonia* sp. e *Verticillium* sp. *Acremonium* sp. foi registrado exclusivamente nessa coleta. *Rhizoctonia* sp. não foi registrado na segunda coleta, voltando a aparecer na quarta. *Verticillium* sp. permaneceu até o final das coletas. Na terceira e quarta coletas foram registrados sete fungos, ambas sem apresentar nenhum novo registro.

Os saprófitos secundários são aqueles fungos que não aparecem ou não se desenvolvem muito bem até algum tempo após a queda das folhas, e muitos são fungos de solo. Em contraste com os saprófitos primários, alguns dos fungos que se desenvolveram após a queda das folhas, os secundários, não apresentam propágulos com paredes espessas e negras que permitiriam que eles sobrevivessem a condições ambientais extremas das superfícies foliares (KUTER, 1986). Os saprófitos secundários isolados apresentam-se representados pelos Deuteromicetos, Zigomicetos e Basidiomicetos e foram isolados freqüentemente durante o período examinado. Entre os saprófitos secundários, pode-se destacar: *Trichoderma* sp. e *Mucor* sp., que apesar de terem sido registrados nas acículas senescentes, apareceram com baixa freqüência; e *Acremonium* sp., *Verticillium* sp. e *Rhizoctonia* sp., que foram isolados após a segunda coleta. Esse resultado coincide com os encontrados por Hering (1965) e Kuter (1986), com exceção de *Rhizoctonia*, que não foi relatada nesses trabalhos.

Conforme as acículas se decompõem, uma variedade de substratos torna-se disponível e isso pode implicar no aparecimento sucessivo de fungos. Fungos não celulolíticos, como *Mucor*, podem ser dependentes de carboidratos liberados pela atividade enzimática de colonizadores mais antigos (GARRET, 1963).

Trichoderma é um conhecido gênero de fungos celulolíticos e que podem, portanto, realizar a decomposição da serapilheira, produzindo pequenas moléculas de açúcar utilizáveis com o acompanhamento de *Mucor* (DE SANTO et al., 2002). *Trichoderma* sp. e *Mucor* sp. são fungos comuns do solo.

De um modo geral, em todas as coletas, dentre todos os fungos encontrados, pelo menos três fungos diferiram significativamente entre si, quanto à ocorrência, (P < 0,05), como pode ser observado na Tabela 4. *Trichoderma* sp. e *Fusarium* sp. foram estatisticamente mais freqüentes que os outros, sendo os menos freqüentes:

Alternaria sp., *Rhizoctonia* sp., *Acremonium* sp., *Penicillium* sp., *Epicoccum* sp., *Colletotrichum* sp., *Cladosporium* sp. e *Gliocladium* sp.

TABELA 4. Número de isolados de gêneros de fungos encontrados em acículas de *Pinus taeda*.

Fungo	Número total	
<i>Trichoderma</i> sp.	335	a
<i>Fusarium</i> sp.	330	a
<i>Verticillium</i> sp.	240	ab
<i>Pestalotia</i> sp.	153	b
<i>Mucor</i> sp.	129	bc
<i>Alternaria</i> sp.	88	cd
<i>Rhizoctonia</i> sp.	76	cd
<i>Acremonium</i> sp.	61	cd
<i>Penicillium</i> sp.	48	d
<i>Epicoccum</i> sp.	41	d
<i>Cladosporium</i> sp.	25	d
<i>Colletotrichum</i> sp.	23	d
<i>Gliocladium</i> sp.	18	d

*Valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD, 5 % de significância.

Seguem-se, a seguir, as considerações individuais de cada fungo constatado nas acículas em decomposição e sua possível participação nesse processo.

Trichoderma sp. foi o fungo mais registrado durante toda a amostragem com 335 colônias. Inicialmente, nas acículas senescentes, apareceu em menor número, apenas oito isolados. Já na segunda coleta, apresentou um aumento significativo, 152 isolados, passando para 70 na terceira coleta e voltado a aumentar na quarta coleta, 105 isolados. Esse fungo é comum em solos e serapilheira, porém pode habitar diversos substratos, especialmente florestais, já que possui grande potencial saprofítico (KUTER, 1986). É um gênero conhecido como celulolítico (DOMSCH et al., 1980; SINGH & STEINKE, 1992), possui habilidade para degradar celulose e também para parasitar outros fungos (BETTIOL, 2003). Além

disso, também já foi relatada a sua capacidade de produzir amilase, protease e pectinase (DOMSCH et al., 1980).

As espécies de *Trichoderma* atuam durante todo o processo de decomposição, no entanto, mesmo não estando associadas às folhas vivas ou senescentes, algumas espécies de *Trichoderma* estão presentes desde o início da sucessão. São conhecidas por serem colonizadoras secundárias de uma ampla variedade de serapilheiras florestais e têm sido registradas em materiais em decomposição (HUDSON, 1968; DOMSCH et al., 1980), como pôde ser constatado nesse estudo, já que foi registrado apenas oito vezes nas acículas senescentes. No entanto, muitas espécies desse gênero se diferem em suas afinidades por temperatura e umidade, o que justificaria uma menor incidência na terceira coleta (maio de 2004), época mais fria do ano. São relatadas em solos florestais ácidos, um dos motivos por terem sido tão registradas na área estudada (335 isolados), como é o caso dos povoamentos de *P. taeda* retratados como acidificadores do solo (STEVENSON, 1994).

Tokumasu (1998a) também encontrou *Trichoderma* na sucessão fúngica e acículas de pinus, como um dos mais representativos, antecedido apenas por *Thysanophora penicilloides*. Desse mesmo modo, Attili (1989) e Schoenlein-Crusius (1988) também registraram *Trichoderma*, juntamente com *Fusarium*, o segundo mais representativo nesse trabalho, como os mais freqüentes.

Fusarium sp. foi o segundo fungo mais representativo, apresentando um total de 330 isolados e estando presente em todas as coletas. Nas acículas senescentes foi registrado o maior valor, 235 isolados. Foi observada uma grande diminuição na segunda coleta (19), seguida de um aumento na terceira (69) e nova diminuição na quarta (7). *Fusarium* é considerado um gênero competidor saprofítico em solos (PUGH & WILLIAMS, 1968) por isso, pode-se explicar a grande incidência de isolados desse gênero e sua presença durante todo o processo de decomposição. É conhecido por produzir celulase, e, portanto, apresenta habilidades celulolíticas (BISARIA & GHOSE, 1981). Segundo Tubaki e Yokoyama, citados por Maia (1983), a ocorrência de *Fusarium* em solos cultivados, como no caso de plantios florestais, é bastante freqüente. No entanto, Maia (1983) afirma juntamente com outros autores, ser bastante encontrado o gênero em solos naturais e serapilheira de espécies florestais não cultivadas.

Verticillium sp. foi o terceiro gênero mais representativo, totalizando 240 isolados, no entanto, não está representado em todas as coletas. Nas acículas senescentes, esse gênero não foi observado, vindo a aparecer pela primeira vez na segunda coleta, em número de 125 colônias. Na terceira coleta, houve uma considerável diminuição desse número inicial, passando para apenas 39 isolados. Houve um aumento na última coleta, 76 isolados de colônias. *Verticillium* é relatado na literatura como pouco comum no início do processo de decomposição (KUTER, 1986) e assim como nesse trabalho, apareceu inicialmente nos meses do verão. Maia (1983) destaca esse gênero como participante no processo de degradação da celulose.

Pestalotia sp. foi o quarto fungo mais registrado, apresentando 153 isolados no total e foi observado durante todo o período estudado. Nas acículas senescentes, foi registrado 91 vezes. Na segunda coleta, apresentou uma grande queda no número de isolados (cinco isolados) seguido de aumento progressivo nas coletas seguintes (17 e 40, respectivamente).

Pestalotia sp. é caracterizado na literatura como saprófito primário (BRANDSBERG, 1969; MAIA, 1983), sendo observado com maior frequência em material foliar vivo ou senescente, como pôde também ser observado nesse trabalho, onde o maior número de isolados foi em acículas senescentes. Watson et al. (1974) relataram *Pestalotia* como um colonizador interno da acícula. O aumento detectado no período do inverno (agosto de 2004) pode ser explicado pelo fato desse fungo poder atuar epifiticamente e endofiticamente (VENEDIKIAN et al., 2001), característica essa que lhe confere vantagens sobre outros fungos mais sensíveis às condições climáticas adversas.

O quinto fungo mais representativo foi *Mucor* que apresentou um total de isolados equivalente a 129. Nas acículas senescentes, o número de ocorrências foi de 29, ocorrendo um aumento na segunda coleta (59 isolados), sofrendo, a partir daí, uma diminuição nas coletas seguintes (42 e 4 isolados, respectivamente). Esteve presente em todos os estágios de decomposição, havendo grande variação de relatos em relação ao estágio de decomposição da serapilheira, contribuindo significativamente na ciclagem de nutrientes. A maior incidência de isolados em estágios iniciais e intermediários coincidem com os resultados obtidos por Brandsberg (1969) e Garret (1963), que ressaltam *Mucor* como importante colonizador primário. No entanto, Hudson (1968) e Kuter (1986) relatam *Mucor* como saprófito secundário.

O fungo *Mucor* sp. apresenta-se bastante freqüente em ambientes terrestres, indicando uma possível afinidade por substratos em decomposição nesses ambientes (SCHOENLEIN-CRUSIUS & MILANEZ, 1998). As espécies de Mucorales são conhecidas por serem saprófitas comuns do solo, sendo que o potencial enzimático desse grupo permite-lhes decompor açúcares de estrutura molecular mais simples (HESSELTINE & ELLIS, 1973).

Alternaria sp. aparece na seqüência, com 79 isolados iniciais, caindo para seis isolados e três na terceira coleta, não havendo crescimento na quarta coleta, totalizando, desse modo, 88 isolados. É um hifomiceto dematiáceo conhecido por ser habitante do filoplano (WATSON et al., 1974) e colonizador primário. Apresenta habilidades para utilizar pectina e ser um fungo celulolítico (DOMSCH et al., 1980). Produz esporos negros e picnídios que o capacita a permanecer na acícula durante o processo de senescência, tornando-o resistente às condições adversas na acícula durante esse período. Pode sobreviver tanto epifiticamente quanto endofiticamente, já que pode penetrar nos tecidos das acículas para iniciar a sua decomposição.

O fungo *Rhizoctonia* sp., com 76 isolados, ficou na sexta posição dos mais representativos, verificado apenas na segunda (dois isolados) e quarta (74 isolados) coletas. É um basidiomiceto parasita de plantas, causando várias doenças em plantas, e com habilidades saprofiticas por tratar-se de um fungo do solo. Garret (1962) o considera um fungo hábil na utilização de celulose.

Acromonium sp. aparece com um total de 61 isolados sendo todos verificados na segunda coleta. É um dos mais comuns habitantes dos solos e da serapilheira e assim como no trabalho de Maia (1983) também só foi observado no material já em contato com o solo. Sua participação na decomposição de acículas é incerta, porém Rai et al. (1988) relataram que algumas espécies possuem forte atividade celulolítica *in vitro*.

Penicillium sp. apareceu com 37 isolados nas acículas senescentes, apresentando grande diminuição nas coletas subseqüentes (três isolados na segunda e terceira coletas) e um pequeno aumento na quarta e última coleta (cinco isolados). Esse gênero foi também isolado durante todo o processo de decomposição por Maia (1983). Trata-se de um fungo de solo bastante comum, com habilidades para degradar celulose, no entanto, quando sobre elevado conteúdo de água no

substrato pode sofrer efeito adverso, especialmente sobre baixas temperaturas (PUGH, 1958). Talvez isso explique a baixa frequência desse fungo durante o período analisado, visto que a precipitação foi relativamente alta durante o período de estudo, principalmente no período do outono (maio de 2004).

Os fungos *Epicoccum* sp., *Cladosporium* sp. e *Colletotrichum* sp. só estiveram presentes nas acículas senescentes, com valores de 41, 25 e 23 isolados respectivamente. *Epicoccum* e *Cladosporium*, hifomicetos dematiáceos, são gêneros conhecidos por serem colonizadores saprofiticos primários comuns (HUDSON, 1968; DICKINSON, 1976). Esses gêneros são descritos por Watson et al. (1974) e Sadaka & Ponge (2003) como habitantes da superfície foliar e colonizadores internos de folhas verdes e senescentes e são celulolíticos *in vitro* (GODFREY, 1983). No entanto, para Domsch et al. (1980), são considerados especialmente externos, colonizadores ubíquos, hábeis para utilizarem pectina, embora suas atividades celulolíticas possam variar com a espécie e as condições ambientais. Nesse contexto, colonizam a filosfera para penetrar os tecidos das folhas no início do processo de senescência, podendo, desse modo, estar presente tanto epifiticamente quanto endofiticamente durante os primeiros estágios de decomposição (PETRINI, 1991). Foram encontrados nos primeiros estágios de decomposição, em acículas senescentes em espécies de *Pinus* por De Santo et al. (2002), resultados que vão de acordo com os do presente trabalho.

Colletotrichum sp. é conhecido como saprófita, no entanto é pouco relatado como decompositor da serapilheira. Em folhas vivas é relatado como parasita, produzindo enzimas celulolíticas (FERNANDO et al., 2001).

Gliocladium sp. aparece com o menor registro dos treze gêneros encontrados, com apenas 18 isolados no total, distribuídos em duas coletas: nas acículas senescentes com três isolados e na segunda coleta com 15 isolados. A ocorrência de *Gliocladium* sp. não é muito comum na serapilheira, ocorre em baixas frequências quando mencionado, como ocorreu nas acículas examinadas nesse trabalho. No entanto, foi constatada para esse gênero a capacidade de degradar celulose, além disso, trata-se de um fungo de solo com grande capacidade de crescer em condições ácidas, apesar de ser mais conhecido em ambientes alcalinos (MAIA, 1983), podendo também parasitar outros fungos (BETTIOL, 2003).

A continuidade desse trabalho será a determinação do potencial degradativo dos isolados obtidos das acículas em decomposição, avaliando-se a capacidade de

degradar celulose, lignina e extrativos de acículas.

4. CONCLUSÕES

O estudo da decomposição inicial de acículas de pínus em um plantio na região de Três Barras, SC, revelou a presença de uma quantidade variada de fungos associada. Durante a sucessão fúngica em acículas de *Pinus taeda* foram registrados 13 gêneros, a maioria possui potencial de degradar a celulose e outros componentes da acícula. Tal aspecto se torna interessante pela possibilidade de serem estimulados para tal atividade e assim acelerar a decomposição das acículas, garantindo o retorno dos nutrientes das acículas para o solo e posteriormente para a árvore.

A variação na quantidade de isolados e dos gêneros seguiu uma sucessão de eventos de acículas senescentes para acículas sobre o solo e ao longo das estações do ano. No primeiro caso, as variações podem ser explicadas pelas particularidades da filosfera que foram alteradas para a entrada das acículas na serapilheira e no segundo caso representado pela variação nas condições ambientais ao longo do ano. Desse modo, os fungos se adequaram às condições mais favoráveis a cada situação, predominando uma ou outra espécie.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao apoio financeiro do CNPq (bolsa de mestrado e projeto 472297/2003-1), ao apoio logístico da Rigesa, Celulose, Papel e Embalagens Ltda. e do Laboratório de Patologia Básica da Universidade Federal do Paraná.

6. REFERÊNCIAS

ARX, J. A. von. **The genera of fungi sporulation in pure culture**. 2nd. ed. Vaduz: J. Cramer, 1974. 351 p.

ATTILI, D. S. **Sucessão fúngica e decomposição da fração foliar da serapilheira de Cerrado no Município de Corumbataí, SP**. 1989. 183 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências, UNESP, Rio Claro.

BARNETT, H. C.; HUNTER, B. B. **Illustrated genera of imperfect fungi**. 3rd. ed. Mineapolis: Burgess Publ., 1972. 241 p.

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.

BISARIA, V. S.; GHOSE, T. K. Biodegradation of cellulosic materials: substrates, microorganisms, enzymes and products. **Enzyme and Microbial Technology**, Guildford, n. 3, p. 90-104, 1981.

BRANDSBERG, J. W. Fungi isolated from decomposing conifer litter. **Mycologia**, New York, v. 61, 673-381, 1969.

CARVALHO, A. P. de; MENEGOL, O.; OLIVEIRA, E. B. de; MACHADO, S. A.; POTTER, R. O.; FASOLO, P. J.; FERREIRA, C. A.; BARTOZESCK, A. Efeitos de características do solo sobre a capacidade produtiva de *Pinus taeda*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 39, p. 51-66, 1999.

DE SANTO, A. V.; RUTIGLIANO, F. A.; BERG, B.; FIORETTO, A.; PUPPI, G.; ALFANI, A. Fungal mycelium and decomposition of needle litter in three contrasting coniferous forests. **Acta Oecologica**, Paris, v. 23, n. 4, p. 247-259, 2002.

DICKINSON, C. H. Biology of *Alternaria alternata*, *Cladosporium cladosporioides* and *C. herbarum* in respect of their activity on green plants. In: BLAKEMAN, J. P. (Ed.). **Microbial ecology of the phylloplane**. London: Academic Press, 1981. p. 169-184.

DICKINSON, C. H. Fungi on the aerial surfaces of higher plants. In: PREECE, T. F.; DICKINSON, C. H. (Ed.). **Microbiology of aerial plant surfaces**. New York: Academic Press. 1976. p. 291-324.

DOMSCH, K. H.; GAMS, W.; ANDERSON, T. H. **Compendium of soil fungi**. New York: Academic Press, 1980. v. 1.

DONNELLY, P. K.; ENTRY, J. A.; CRAWFORD, D. L.; CROMACK, K. Cellulose and lignin degradation in forest soils: response to moisture, temperature and acidity. **Microbial Ecology**, New York, v. 20, n. 3, p. 289-295, 1990.

ELLIS, M. B. **Dematiaceous hyphomycetes**. Surrey: Commonwealth Mycological Institute, 1971. 608 p.

ELLIS, M. B. **More dematiaceous hyphomycetes**. Surrey: Commonwealth Mycological Institute, 1976. 507 p.

FELL, J. W.; HUNTER, I. L. Fungi associated with the decomposition of the black rush, *Juncus roemerianus*, in South Florida. **Mycologia**, New York, v. 71, n. 2, p. 323-342, 1979.

FERNANDO, T. H. P. S.; JAYASINGHE, C. K.; WIJESUNDERA, R. L. C. Cell wall degrading enzyme secretion by *Colletotrichum acutatum*, the causative fungus of secondary leaf fall of *Hevea brasiliensis*. **Mycological Research**, Cambridge, v. 105, p. 195-201, 2001.

FERREIRA, C. A. Nutrição mineral de florestas plantadas: o estado atual e tendências da pesquisa prática. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Floresta para o desenvolvimento: política, ambiente, tecnologia e mercado: anais**. São Paulo: SBS; [S.l.]: SBEF, 1993. v. 3, p. 157-162.

FRANKLAND, J. C. Fungal succession-unravelling the unpredictable. **Mycological Research**, Cambridge, v. 102, p. 1-15, 1998.

GARRET, S. D. Decomposition of cellulose in soil by *Rhizoctonia solani* Kühn. **Transactions of the British Mycological Society**, Cambridge, v. 45, p. 115-120, 1962.

GARRET, J. **Soil fungi and fertility**. Oxford: Pergamon Press, 1963. 165 p.

GODFREY, B. E. S. Growth of two terrestrial microfungi on submerged alder leaves. **Transactions of the British Mycological Society**, Cambridge, v. 81, n. 2, p. 418-421, 1983.

GONÇALVES, J. L. M.; DEMATTÊ, J. L. I.; COUTO, H. T. Z. Relações entre a produtividade de sítios florestais de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* com as propriedades de alguns solos de textura arenosa e média no Estado de São Paulo. **IPEF**, Piracicaba, n. 43/44, p. 24-39, 1990.

HERING, T. F. The succession of fungi in the litter of a Lake District oakwood **Transactions of the British Mycological Society**, Cambridge, v. 48, p. 391-408, 1965.

HESELSTINE, C. W.; ELLIS, J. J. Mucorales. In: AINSWORTH, G. C.; SAPARROW, F. K.; SUSSMAN, A. S. (Ed.). **The fungi: an advanced treatise**. New York: Academic Press, 1973. v. 4B, p. 187-217.

HUDSON, H. J. The ecology of fungi on plant remains above the soil. **New Phytologist**, Oxford, v. 67, p. 837-874, 1968.

JORGENSEN, J. R.; WELLS, C. G.; METZ, L. J. The nutrient cycle: key to continuous forest production. **Journal of Forestry**, Washington, DC, v. 73, n. 7, p. 400-403, 1975.

KAHLKI, R.; KLOIDT, M.; LYSEK, G. Phyllophane inhabiting fungi of pine needles (*Pinus silvestris* L.) in Berlin (West). **Nova Hedwigia**, Berlin, v. 42, n. 2-4, p. 597-601, 1986.

KERN, M. E.; BLEVINS, K. S. **Micologia médica**. 2. ed. São Paulo: Premier, 1999. 256 p.

KONEMAN, E. W.; ROBERTS, G. D. **Micologia prática de laboratório**. Buenos Aires: Ed. Médica Panamericana, 1987. 221 p.

KUTER, G. A. Microfungal populations associated with the decomposition of sugar maple leaf litter. **Mycologia**, New York, v. 78, p. 114-126, 1986.

LARONE, D. H. **Medically important fungi: a guide to identification**. New York: Elsevier, 1987. 230 p.

MAIA, L. C. **Sucessão de fungos em folheto de floresta tropical úmida**. 1983. 196 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Departamento de Biologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

MILLAR, C. S. Decomposition of coniferous leaf litter. In: DICKINSON, C. H.; PUGH, G. J. F. (Ed.). **Biology of plant litter decomposition**. London: Academic Press, 1974. v. 1, p. 105-128.

MILLER, H. G. Nutrient cycles in forest plantations, their change with age and consequences for fertilizer practice. In: AUSTRALIAN FOREST NUTRITION WORKSHOP, 1981, Canberra. **Productivity in perpetuity: proceedings**. Canberra: CSIRO, 1981. p. 187-189.

PETRINI, O. Fungal endophytes of tree leaves. In: ANDREWS, J. H.; HIRANO, S. S. (Ed.) **Microbial ecology of leaves**. New York: Springer, 1991. p. 179-197.

PUGH, G. J. F. Leaf litter fungi found on *Carex paniculata* L. **Transactions British of the Mycological Society**, Cambridge, v. 41, n. 2, p. 185-195, 1958.

PUGH, G. J. F.; BUCKEY, N. G.; MULDER, J. The role of phylloplane fungi in the early colonization of leaves. **Symposium Biological Hungaricum**, v. 11, p. 329-333, 1972.

PUGH, G. J. F.; WILLIAMS, G. M. Fungi associated with *Salsola kali*. **Transactions British of the Mycological Society**, Cambridge, v. 51, n. 3-4, p. 389-396, 1968.

RAI, B.; UPADHYAY, R. S.; SRIVASTAVA, A. K. Utilization of cellulose and gallic acid by litter inhabiting fungi and its possible implication in litter decomposition of a tropical deciduous forest. **Pedobiologia**, Jena, v. 32, n. 3-4, p. 157-165, 1988.

REISSMANN, C. B.; WISNIEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de *Pinus*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 135-165.

ROITMAN, I.; TRAVASSOS, L. R.; AZEVEDO, J. L. **Tratado de microbiologia**. São Paulo: Manole., 1991. v. 2.

ROSSMAN, A. Y.; PALM, M.; SPIELMAN, L. J. **A literature guide for the identification of plant pathogenic fungi**. St. Paul: APS Press, 1987. 252 p.

SADAKA, N.; PONGE, J. F. Fungal colonization of phyllosphere and litter of *Quercus rotundifolia* Lam. in a holm oak forest (High Atlas, Marocco). **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 39, n. 1, p. 30-36, 2003.

SCHOENLEIN-CRUSIUS, I. H. **Decomposição e sucessão de fungos de folhas de *Ocotea pulchella* (Ness) Mez. em solo sob Cerrado, tratado com vinhaça no Município de Corumbataí, SP**. 1988. 195 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências, UNESP, Rio Claro.

SCHOENLEIN-CRUSIUS, I. H.; MILANEZ A. I. Fungal succession on leaves of *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Muell. Arg. submerged in stream of an Atlantic Rainforest in the State of São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 21, n. 3, p. 73-79, 1998.

SCHOENLEIN-CRUSIUS, I. H.; TAUKE, S. M. Fungal succession on *Ocotea pulchella* (Nees) Mez. leaves decomposition on "cerrado" soil treated with vinasse. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 179-183, 1991.

O SETOR florestal brasileiro: fatos e números. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1998. 18 p.

SILVEIRA, V. D. **Micologia**. 5. ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1995. 336 p.

SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. de S.; GRISI, B.; HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. **Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI; Goiânia: EMBRAPA-CNPAF; Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1994. 142 p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 45).

SINGH, N.; STEINKE, T. D. Colonization of decomposing leaves of *Bruguiera gymnorhiza* (Rhizophoraceae) by fungi, and in vitro cellulolytic activity of the isolates. **South African Journal of Botany**, Pretoria, v. 58, p. 525-529, 1992.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2nd. ed. New York: J. Wiley, 1994. 496 p.

STONE, J. K.; SHERWOOD, M. A.; CARROL, G. C. Canopy microfungi: function and diversity. **Northwest Science**, Cheney, v. 70, p. 37-45, 1996.

SWIFT, M. J. Microbial diversity and decomposer niches. In: KLUG, M. J.; REDDY, C. A. (Ed.). **Current perspectives in microbial ecology**. Washington, DC: American Society for Microbiology, 1984. p. 8-16.

SWITZER, G. L.; NELSON, L. E. Nutrient accumulation and cycling in loblolly pine (*Pinus taeda*) plantation ecosystems: the first twenty years. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 36, n. 1, p. 143-147, 1972.

TAUK, S. M. Biodegradação de resíduos orgânicos no solo. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 20, n. 1-4, p. 299-301, 1990.

TOKUMASU, S. Fungal successions on pine needles fallen at different seasons: the succession of surface colonizers. **Mycoscience**, Tokyo, v. 39, n. 4, p. 417-423, 1998a.

TOKUMASU, S. Fungal successions on pine needles fallen at different seasons: the succession of interior colonizers. **Mycoscience**, Tokyo, v. 39, n. 4, p. 409-416, 1998b.

VENEDIKIAN, N.; BONAVENTURA, S. M.; GODEAS, A. M. Estudio de las comunidades fungicas de la filosfera de *Pinus taeda* L. (Pinaceae). I. Variacion estacional. **Gayana Botanica**, Concepcion, v. 58, n. 2, p. 143-152, 2001.

VENEDIKIAN, N.; GODEAS, A. M. Estudio de la filosfera de *Pinus taeda* (Pinaceae). I. Poblaciones fungicas. **Boletin de la Sociedad Argentina de Botanica**, Cordoba, v. 31, n. 3-4, p. 193-200, 1996.

WATSON, E. S.; McCLURKIN, D. C.; HUNEYCUTT, M. B. Fungal succession on loblolly pine and upland hardwood foliage and litter in North Mississippi. **Ecology**, Durham, v. 55, p. 1128-1134, 1974.

WELLBAUM, C.; SCHOENLEIN-CRUSIUS, I. H.; SANTOS, V. B. Fungos filamentosos em folhas do ambiente terrestre e aquático da Ilha dos Eucaliptos, Represa do Guarapiranga, São Paulo, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 69-74, 1999.

WISNIEWSKI, C. **Varição estacional da deposição de serapilheira e de nutrientes em povoamentos de *Pinus taeda* na região de Ponta Grossa - PR**. Curitiba, 1989. 148 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

