

SOBREVIVÊNCIA DE FUNGOS ENDOMICORRÍZICOS EM SOLOS DEGRADADOS

Lucila Marshall de Araujo Maschio^{*}
Sérgio Gaiad^{**}
Fabiana Maia de Andrade^{***}

INTRODUÇÃO

Embora negligenciados na maioria dos estudos, os componentes microbiológicos dos solos são vitais à sustentabilidade de ecossistemas naturais e podem determinar o tipo de vegetação que irá ocupar uma determinada área, em função do tipo de microorganismo que está associado às espécies vegetais (Chanway, et al., 1991). Dentre os inúmeros componentes microbiológicos do solo, um dos de maior destaque são os fungos micorrízicos arbusculares. De ocorrência universal, associam-se às mais variadas categorias taxonômicas de plantas superiores e inferiores (Silveira, 1992).

Micorrizas, de maneira geral, estão associadas à melhoria do estado nutricional das plantas devido a uma maior absorção de nutrientes e água, proteção contra patógenos e envolvimento no processo de ciclagem de nutrientes (Silveira, 1992). Os propágulos de fungos micorrízicos são compostos por esporos, pela rede de hifas no solo e por hifas dentro das raízes que funcionam como inóculo (Brundrett, 1991). Estes propágulos podem ser fortemente influenciados por danos causados à vegetação e ao solo, como resultado de processos naturais ou pela intervenção humana. Os danos ao solo podem ter efeitos diretos sobre os propágulos, pela: a) redução do número de esporos viáveis; b) perda da rede de hifas no solo; e c) impedimento do crescimento de hifas de raízes colonizadas para novas raízes; ou indiretamente devido a alterações nas propriedades do solo (Brundrett, 1991).

^{*} Eng.-Agrônomo, Mestre, CREA nº 2327/D, Pesquisadora da *Embrapa* - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

^{**} Eng. Florestal, Mestre, CREA nº 12640-D, Pesquisador da *Embrapa* - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

^{***} Eng. Florestal, Bacharel, Bolsista da FUPEF na *Embrapa* - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

Dentre os tipos de perturbação a ecossistemas, provocados pelo homem, a mineração e o uso agrícola intensivo são dos que provocam maiores alterações. No primeiro, são retirados todos os componentes acima do solo, além, da camada superficial dos mesmos. Esta camada é a que comporta praticamente toda a atividade biológica, além da grande maioria dos nutrientes disponíveis às plantas. No segundo, o uso contínuo do solo também é responsável pela perda de solo superficial, estando associado, ainda, ao uso constante de insumos e defensivos agrícolas.

Fungos micorrízicos arbusculares são simbioses obrigatórios e, portanto, necessitam da presença das raízes das plantas para seu desenvolvimento e sobrevivência. Assim, atividades como de mineração, que extirpam a vegetação e práticas agrícolas não adequadas podem provocar a redução ou eliminação da população micorrízica dos solos.

Assim, torna-se importante o conhecimento da situação dos solos submetidos a diferentes tipos de perturbação, em relação ao seu potencial micorrízico. Este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados obtidos, em estudos preliminares, sobre a presença de fungos micorrízicos em áreas de mineração de xisto pirobetuminoso e cavas de areia, e sob uso agrícola intensivo, a fim de se ter uma visão panorâmica dos efeitos que tais perturbações possam causar à população fúngica em questão.

Os esporos de fungos micorrízicos arbusculares (MA) foram isolados das amostras de solo pelo método do peneiramento úmido (Gerdemann & Nicolson, 1963), seguido de centrifugação em sacarose, sendo contados e classificados a nível de gênero sob microscópio estereoscópio.

A colonização de raízes por fungos MA foi avaliada utilizando-se o método de Phillips & Hayman (1970), para a coloração das raízes e o de Newman (1966), para o registro da porcentagem de colonização.

As análises físicas e químicas do solo foram efetuadas nos Laboratórios de Solos do CNPFlorestas/EMBRAPA e no caso do experimento com solo de área degradada pela agricultura sob recuperação, no IAPAR.

SOLO DEGRADADO PELA EXTRAÇÃO DE AREIA

O trabalho foi conduzido em uma área de extração de areia, localizada no município de São José dos Pinhais-PR, com uma altitude em torno de 900m, com clima Cfb, que segundo os tipos climáticos de Koeppen, é o pluvial temperado, super úmido, mesotérmico com verões frescos, geadas severas e freqüentes, sem estação seca e com precipitação média anual de 1.364 mm (Mendes Filho et al. 1981).

A retirada da areia encontrada em camadas profundas do solo, mesmo após a reposição dos horizontes removidos (recomposição), promove um dos maiores impactos entre os decorrentes da ação humana nos ecossistemas.

O substrato analisado foi obtido na camada de solo que originalmente recobria a areia e que, após a mineração, foi repostado desordenadamente na cava. A amostragem foi efetuada nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm. Foram obtidas 8 amostras (compostas por 12 sub-amostras) em cada profundidade.

As análises efetuadas caracterizaram um substrato portador de fungos MA, altos teores de silte+argila e moderadamente fértil em P, bases e matéria orgânica, porém, ácido e rico em Al^{+3} (Tabela 1). Os esporos de fungos MA foram mais freqüentes na camada mais profunda com teores mais baixos de silte+argila, Al e Mg, porém com maiores acidez e níveis de matéria orgânica, P, K e Ca (Tabela 1).

O número de esporos, nas duas profundidades, manteve-se em níveis elevados no solo recomposto. A maior incidência de fungos M.A. nas camadas mais profundas pode estar relacionada ao teor mais elevado de matéria orgânica, P e K, além de menores teores de Al^{+3} . Em ambientes naturais, a regra é a diminuição do número de esporos com o aumento na profundidade do solo, porém, em áreas sujeitas à recomposição e em pequenas profundidades, até 50 cm, podem ocorrer alterações.

TABELA 1. Número de esporos de fungos MA e análise física e química dos solos coletados em cavas de areia, sob diferentes profundidades.

Profundidade (cm)	0-20	20-40
Esporos de fungos ma (nº/100g de solo)		
<i>Glomus</i>	128	164
<i>Acaulospora</i>	604	703
<i>Gigaspora</i>	22	31
Total	754	898
Análise Física		
Areia (%)	16	30
Limo (%)	44	40
Argila (%)	40	30
Análise Química		
pH (CaCl ₂)	3,82	4,03
C (g/kg)	27,7	54,6
P (mg/kg)	11	19
Al^{+3} (mmol _c /dm ³)	3,5	2,3
K^{+} (mmol _c /dm ³)	38	72
Ca^{+2} (mmol _c /dm ³)	3,5	3,7
Mg^{+2} (mmol _c /dm ³)	2,5	0,8

Destaca-se, também, a predominância do gênero *Acaulospora* visto que em levantamentos anteriores, nesta região, *Glomus* foi o gênero predominante. Talvez, por se tratar de área recomposta, pode ter havido o estabelecimento de um novo equilíbrio entre espécies e gêneros de fungos M.A. devido à alteração do ambiente.

SOLO DEGRADADO PELA EXTRAÇÃO DE XISTO

O trabalho foi desenvolvido em uma usina da PETROBRÁS/SIX situada no município de São Mateus do Sul, Estado do Paraná. A região apresenta um relevo suave e sem grandes contrastes, em uma altitude entre 750m e 830m. Possui clima Cfb, que segundo os tipos climáticos de Koeppen, é o pluvial temperado, super úmido, mesotérmico com verões frescos, geadas severas e freqüentes, sem estação seca e com precipitação média anual de 1364 mm (Mendes Filho et al. 1981).

A extração do xisto envolve remoção da camada vegetal, do solo e argila. A jazida do tipo estratificante e com baixo capeamento favorece a mineração a céu aberto, formando na área a chamada "paisagem lunar" (Bollmann & Porto Alegre, 1992).

Após o processamento, os rejeitos do xisto são recolocados nas cavas da mina, juntamente com material anteriormente removido (recomposição). A reposição reconstitui topograficamente o terreno, porém o solo resultante, desestratificado, apresenta características muito discrepantes das originais (Bollmann & Porto Alegre, 1992, Rachwal et al., 1995).

Neste trabalho foram analisados dois tipos de solos, um degradado, coletado em uma área minerada e recomposta e outro sob um fragmento de floresta original, localizado na mesma propriedade. A amostragem foi efetuada na profundidade de 0-20 cm, em número de 5 (cada qual composta por 5 sub-amostras).

As análises mostraram que tanto o solo degradado, como o florestal, apresentaram esporos de fungos MA, acidez elevada, altos teores tanto de Al como de matéria orgânica, baixos teores de bases e P, boa fertilidade em K e, que a seqüência mineração-recomposição reduziu em quase 50% a quantidade de matéria orgânica, porém aumentou o número de esporos de fungos MA, caracterizando o impacto da degradação (Tabela 2).

O solo degradado havia sido recém-recomposto, o que implicou na adição de solo oriundo da camada superficial de mata nativa à área recomposta. O aumento no número de esporos nos primeiros estágios da recomposição se deve, provavelmente, a uma estratégia de sobrevivência do fungo que, sob uma condição de estresse, estimulou a esporulação, como garantia de sua perpetuação.

TABELA 2. Número de esporos de fungos MA e características químicas do solo coletado em área de mineração de xisto, em São Mateus do Sul-PR.

Cobertura do solo	Degradado	Floresta
Esporos de fungos ma (nº/100g de solo)		
<i>Glomus</i>	18	14
<i>Acaulospora</i>	42	33
Total	60	47
Análise Química		
pH (CaCl ₂)	3,9	3,7
C (g/kg)	51,0	93,4
P (mg/kg)	traço	0,96
Al ³ (mmol _c /dm ³)	5,06	5,94
K (mmol _c /dm ³)	81,0	86,4
Ca ² + Mg ² (mmol _c /dm ³)	0,98	1,08

SOLO DE ÁREA DEGRADADA PELA AGRICULTURA, SOB RECUPERAÇÃO

O trabalho foi efetuado em um Cambisol da classe textural argilo-arenosa, no município da Lapa-PR, com uma altitude em torno de 900, com clima Cfb, que segundo os tipos climáticos de Koeppen, é o pluvial temperado, super úmido, mesotérmico com verões frescos, geadas severas e freqüentes, sem estação seca e com precipitação média anual de 1364 mm (Mendes Filho et al. 1981). Na área analisada, a floresta nativa havia sido derrubada para o exercício, por tempo não determinado, de agricultura de subsistência.

As amostras, cada qual composta de 12 sub-amostras, foram coletadas em duas ocasiões. Inicialmente, foram obtidas: (a) 4 amostras de solo sob pousio no qual predominavam gramíneas e, (b) 28 amostras de um solo preparado para plantio o qual, 30 dias antes, havia sido roçada, recebido composto (90 t/ha), calcário dolomítico (8 t/ha), termofosfato para correção do P (0,800 t/ha) e aração cruzada. Na segunda etapa, quatro meses após a coleta inicial, foram obtidas: (a) 8 amostras, na área em pousio; e (b) 20 amostras no solo preparado para plantio, sendo 4 amostras em cada segmento cultivado com: (a) sorgo, (b) milho (*Zea mays*) + feijão (*Phaseolus vulgaris*) em consórcio, (c) milho, (d) feijão e (e) milho adubado. Os segmentos sorgo, milho + feijão, milho e feijão haviam sido cultivados anteriormente (logo após o preparo do solo) com batata inglesa (*Solanum tuberosum* L.) sem adubação, enquanto no extrato correspondente ao milho adubado, a batata anteriormente cultivada havia recebido 3,5 t/ha da fórmula 4-14-8 (N-P₂O₅-K₂O) e o milho recebeu 0,25 t/ha da fórmula 40-30-12 (N-P₂O₅-K₂O) na ocasião do plantio mais 0,20 t/ha de N um mês após, e cobertura.

TABELA 3. Número de esporos de fungos MA, colonização radicular e características químicas dos solos sob diferentes usos e profundidades.

Solo		Esporos de fungos MA(nº/100 cc de solo)					Características químicas do solo						
Uso	Profundidade (cm)	Glomus	Acaulospora	Gigaspora	Total	Colonização Radicular (%)	pH	C	P	Al	K	Ca	Mg
							(CaCl ₂)	(g/kg)	(mg/kg)	(mmol _e /dm ³)			
Sem Cultivo (primeira amostragem)													
em pousio	0-20	370	227	35	632	n	4,4	2,43	4,3	1,36	0,10	3,36	2,4
preparado	20-40	419	229	23	671	n	4,5	2,36	5,1	1,06	0,14	3,80	2,6
em pousio	0-20	251	139	4	394	12	4,7	2,45	3,4	0,62	0,15	5,78	3,8
	20-40	164	131	7	302	11	4,2	2,35	2	2,41	0,12	3,42	2,2
Cultivado (segunda amostragem - sem adubação após cultivo de batata, também sem adubação)													
sorgo	0-20	190	96	3	289	13	4,9	2,32	5,1	0,3	0,27	5,32	4,4
	20-40	238	133	7	378	12	4,4	2,07	3,1	1,35	0,21	3,60	3,6
milho + feijão sem NPK (consórcio)	0-20	439	157	3	599	3	4,9	2,42	5,2	0,34	0,27	5,62	4,5
	20-40	185	110	3	298	4	4,2	2,12	2,4	2,15	0,17	3,07	2,7
feijão	0-20	198	124	7	329	17	5,1	2,6	5,7	0,09	0,27	5,95	5,0
	20-40	82	113	5	200	15	4,4	2,4	4	1,27	0,2	3,75	3,1
milho	0-20	182	97	3	282	8	5	2,49	5,5	0,11	0,28	5,83	4,8
	20-40	148	108	3	259	14	4,2	2,08	2,6	1,93	0,18	3,22	2,6
milho adubado ¹	0-20	553	342	6	901	19	4,8	2,4	14,2	0,32	0,38	3,12	3,1
	20-40	259	102	4	365	13	4,8	2,2	6,9	1,95	0,18	3,65	2,4
Médias													
Sem cultivo	0-40	301	181	17	500	11	4,4	2,4	2,7	1,51	0,13	4,60	2,8
Cultivado	0-40	247	138	4	390	12	4,7	2,31	5,5	0,98	0,24	4,61	3,6

N = não determinado.

1 = milho adubado com 0,25 t/há de NPK (40-30-12) no plantio + 0,20 t/há de N em cobertura, em solo previamente cultivado com batata, adubada com 3,5 t/há de NPK (4-14-8).

As amostras de solo foram submetidas às análises química e de frequência de esporos de fungos MA e as raízes das espécies cultivadas, à avaliação da colonização micorrízica.

Os resultados obtidos demonstraram que, independentemente dos tratamentos que receberam, todos os solos continham números elevados de esporos de fungos MA nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm (Tabela 3).

O efeito do tempo foi observado pela comparação dos resultados obtidos no solo em pousio, até 20 cm de profundidade. Os impactos: (a) do tempo, avaliados mediante as duas coletas no solo em pousio até 20 cm de profundidade e, (b) da agricultura, avaliado pelos resultados médios de todos os plantios, foram, em geral, moderados (Tabela 3). Nos solos sob pousio, os efeitos mais aparentes do tempo (entre duas amostragens) foram: redução do número de esporos e dos teores de Al e P assim como aumento de Ca e Mg (Tabela 3).

Em termos médios, os impactos mais expressivos do cultivo foram aumento no número de esporos, principalmente do gênero *Glomus* e dos teores de P e K (Tabela 3). O cultivo de maior impacto foi o do milho adubado, que recebeu adubação própria e, também, residual do cultivo de batata (Tabela 3), sendo mais expressivos os aumentos: (a) do número de esporos de *Glomus* nas duas profundidades avaliadas e de *Acaulospora* até 20 cm (Tabela 3), e (b) dos teores de P tanto nas camadas mais superficiais como mais profundas (Tabela 3).

A colonização micorrízica ocorreu nas raízes de todas as espécies de plantas presentes na área (Tabela 3).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do alto grau de severidade das perturbações ocorridas, os propágulos de fungos micorrízicos arbusculares foram capazes de sobreviver às condições adversas. O número de esporos de fungos MA manteve-se em níveis elevados, capazes de permitir a perpetuação dos fungos nos ambientes perturbados.

Vale ressaltar, porém, que fungos MA são simbioses obrigatórios e, portanto, necessitam da presença de raízes para se perpetuarem. Assim, nas condições de mineração de areia e de xisto pirobetuminoso, a manutenção da área sem cobertura vegetal por longos períodos pode comprometer o potencial de inóculo remanescente.

Na área agrícola, como o solo está sendo utilizado com culturas anuais, é possível a ocorrência de um novo equilíbrio entre gêneros e espécies de fungos MA, porém, em termos de população total, a mesma deve manter-se nos níveis atuais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOLLMANN, H. A.; PORTO ALEGRE, H. K. Considerações sobre o impacto causado ao ambiente pela exploração do xisto na região de São Mateus do Sul-PR. In: SIMPÓSIO RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1992, Curitiba. **Anais**. Curitiba: FUPEF, 1992. p.210-218.
- CHANWAY, C.P.; TURKINGTON, R.; HOLL, F.B. Ecological implications of specificity between plants and rhizosphere micro-organisms. **Advances in Ecological Research**, 21, 121-169. 1991.
- GERDMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Trans. Br. Mycol. Soc.**, 46,p. 253:244. 1963.
- MENDES FILHO, J. M. A.; POGGIANI, F.; LAPA, R. P. Comportamento de três espécies florestais em solo alterado pela exploração do xisto na região de São Mateus do Sul-PR. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 4.: Bracatinga uma alternativa para reflorestamento, 1981, Curitiba. **Anais**. Curitiba: EMBRAPA-UFPFCS, 1981. p.149-160.
- NEWMAN, E.J. A method of stimating the total lenght of roots in a sample. **J.Appl.Ecol**, 3, p.139-145, 1966.
- PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved techniques for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Trans. Br. Mycol. Soc.**, 55,p.158-161. 1970.
- RACHWAL, M.F. G.; DEDECEK, R. A.; VILCAHUMAN, L. J. M.; CURCIO, G. R. Influência das características químicas e físico hídricas de um solo degradado por mineração de xisto sobre a altura e sobrevivência de leguminosas arbóreas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1995, Viçosa. **Anais**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1995. no prelo.
- SHENCK, N. C.; KELAN, M. K. **The influence of vesicular-arbuscular mycorrizae on disease developmet**. Agr. Exp. Station/Institute of Food and Agricultural Sciences/ University of Florida, 1978. 16p. (Bull. technical, 798).
- SILVEIRA, A. P. Micorrizas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 257-282.
-