

Qualidade de solos cultivados com eucalipto em Itaporanga D´Ajuda – Sergipe

Layse S. Rodrigues¹, Thaís A. Almeida¹, Regina H. Marino¹,
Marcos C. V. Barretto¹, Marcus V. G. Martins¹ & Raimundo M. Prata¹

¹ Universidade Federal de Sergipe, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Departamento de Engenharia Agrônômica, Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, CEP 49100-000, São Cristóvão-SE, Brasil. E-mail: layse.sousa@hotmail.com; isinha_avilaalmeida@hotmail.com; rehmarino@hotmail.com; mcvb@ufs.br; mvgm07@hotmail.com; raimundo.prata@yahoo.com.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade de solos cultivados com clones de eucalipto, em Itaporanga D´Ajuda - Sergipe. Para tanto, foram coletadas amostras de solo rizosférico, a 5 e 20 cm de profundidade, de dois clones de eucalipto (Clone 1 - Copener 1250 – cultivo consorciado com braquiária; Clone 2 – Bahia Norte 1277 – cultivo solteiro de eucalipto) e de mata nativa, no período chuvoso e seco. Os parâmetros analisados foram: textura, pH, carbono orgânico total, nitrogênio total, fósforo, unidades formadoras de colônias e taxa respiratória. O solo da área de mata foi o que apresentou maior atividade microbiana em comparação aos solos cultivados com os dois clones de eucalipto, mas sem diferença entre os períodos seco e chuvoso. O cultivo do clone 1 de eucalipto favoreceu o aumento de carbono orgânico total, fósforo, densidade de fungos, em comparação ao solo cultivado com o clone 2. O período de coleta de amostras, chuvoso e seco, influenciou nos atributos químicos e microbiológicos avaliados. O cultivo do clone 1 com braquiária contribuiu para o aumento da fertilidade do solo (carbono, fósforo) e para o desenvolvimento de fungos e bactérias do solo.

Palavras-chave: atividade microbiana, densidade microbiana, microbiologia de solos florestais

Quality of soils cultivated with eucalyptus in Itaporanga D´Ajuda – Sergipe, Brazil

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the quality of soils cultivated with eucalyptus clones in Itaporanga D´Ajuda, Sergipe, Brazil. Samples were collected from rhizosphere soil, at 5 and 20 cm depth, of two eucalyptus clones (Clone 1 - Copener 1250 - cultivation and brachiaria; Clone 2 - 1277 North Bahia - cropping of eucalyptus) and native forest, during the rainy and dry season. The parameters analyzed were: texture, pH, total organic carbon, total nitrogen, phosphorus, colony-forming units and respiratory rate. The forest soil showed the highest microbial activity compared to the two soils cultivated with eucalyptus clones, but no difference was observed between the dry and rainy season. The cultivation of eucalyptus clone favored the increase of total organic carbon, phosphorus, density of fungi in cultivated soil in comparison to the clone 2. The period of sampling, wet and dry, influenced the chemical and microbiological attributes of the soil. The cultivation of clone 1 with brachiaria contributed to the increase of soil fertility (carbon, phosphorus) and the development of fungi and bacteria in soil.

Key words: microbial activity, microbial density, microbiology of forest soils

INTRODUÇÃO

O eucalipto é uma espécie originalmente da Austrália que vem sendo cultivada em diferentes condições edafoclimáticas, o que contribuiu para sua expansão ao redor do mundo e no Brasil (Vital, 2007). O cultivo do eucalipto tem importância econômica, sobretudo na indústria de papel e celulose, mas também tem papel fundamental na conservação e agregação dos solos, principalmente, em locais visando à recuperação de áreas degradadas, devido ao seu crescimento acelerado e rápido sequestro de carbono (Osaki, 2008). Da mesma forma, Lima (2009) ressalta que o eucalipto é uma espécie arbórea que fornece elevada quantidade de resíduos orgânicos os quais são importantes fontes de carbono para os micro-organismos do solo que participam da ciclagem de nutrientes durante a mineralização da matéria orgânica e na formação de agregados no solo.

Um dos fatores que influenciam a atividade microbiana é a ocorrência da diversidade de espécies vegetais. Segundo Lima (2009) e Silveira et al. (2006), a biodiversidade vegetal contribui para a diversidade de espécies de micro-organismos, que desempenham funções similares, além de essencial para a manutenção do equilíbrio biológico, da sustentabilidade do ecossistema e da qualidade dos solos.

Os indicadores de qualidade de solo podem ser físicos, químicos e/ou biológicos. Moreira & Siqueira (2006) relatam que na seleção de indicadores de qualidade de solo é importante associar os atributos físicos, químicos e biológicos, com o intuito de avaliar o impacto de determinada atividade agrícola. Por sua vez, Ge et al. (2011) consideram que a atividade microbiana seja sensível às atividades antrópicas em relação aos atributos físicos e químicos e, portanto, são considerados indicadores de importância visando avaliar o impacto e sustentabilidade da atividade agrícola.

Na região Nordeste, especificamente no estado de Sergipe, não há relatos sobre o impacto do cultivo de eucalipto na qualidade do solo. Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade de solos cultivados com clones de eucalipto em comparação ao solo de mata nativa em Itaporanga D'Ajuda – SE.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e vegetação: Foram avaliados talhões com clones de eucalipto (Clone 1 – Copener 1250; Clone 2 – Bahia Norte 1277), com dois anos de idade e mata nativa com vegetação de Mata Atlântica preservada, localizados na Fazenda Campo Belo, município de Itaporanga D'Ajuda, com latitude 10°59'53" Sul, longitude 37°18'38" Oeste, com altitude de 9 metros no Estado de Sergipe. O município de Itaporanga D'Ajuda possui clima do tipo megatérmico úmido e subúmido com deficiência moderada no verão, apresenta temperatura média no ano de 25,2 °C, precipitação pluviométrica anual de 1.463,3 mm (variando entre 881 e 2.181mm) e inverno chuvoso de março a agosto e verão seco.

Coleta de amostras de terra: As coletas das amostras de solo rizosférico foram realizadas nos períodos: chuvoso (setembro de 2009) e de seca (fevereiro de 2010), dentro da projeção da

copa da árvore. Quinze plantas foram selecionadas ao acaso percorrendo a área de plantio dos clones de eucalipto em zigue-zague, sendo desprezadas as plantas das bordas dos talhões. De cada planta foram retiradas três amostras de terra na rizosfera, nas profundidades de 0-5 cm e de 5-20 cm. Considerando cada profundidade obtiveram quarenta e cinco amostras de terra (15 plantas x 3 pontos de coleta de terra, por planta) as quais foram homogeneizadas para formação da amostra composta de terra por área de cultivo de eucalipto e mata nativa.

Análise física: A granulometria para determinação da classe textural da terra foi realizada pelo método do densímetro proposto, pela Embrapa (1997).

Análise química: Os parâmetros analisados foram pH, carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e fósforo (P); para tanto, as amostras de terra foram secadas ao ar (TFSA - terra fina seca ao ar) e, em seguida, o solo foi macerado e peneirado (peneira de 2 mm) e determinados segundo a metodologia da Embrapa (1997).

Atividade microbiana: A atividade microbiana foi realizada pela avaliação da taxa respirométrica, segundo Barreto (1995). A densidade e a diversidade microbiana dos solos cultivados com os clones de eucalipto e da mata foram avaliadas pelo método de unidades formadoras de colônias (UFC) segundo Moreira & Siqueira (2006). O meio de cultura para isolamento de fungos utilizado foi o Czapek modificado, composto pela mistura de 33,4g de Czapek (2,5 g de nitrato de sódio, 0,5 g de cloreto de potássio, 0,01 g de sulfato ferroso, 0,35g de sulfato de potássio e 30 g de sacarose por litro de solução), 15 g de ágar e 1000 mL de água destilada. Visando à avaliação da densidade de bactérias, utilizou-se o meio de cultura Extrato de Levedura (EL), cujo preparo foi realizado pela mistura de 3,0 g de extrato de leveduras, 3,0g de extrato de malte, 5,0 g de peptona, 10,0 g de glicose, 20,0 g de ágar e 1000 mL de água destilada. A densidade de fungos e bactérias foi avaliada pela contagem diária do número de colônias até o sétimo dia de incubação. A incubação foi realizada na temperatura de 32,5 ± 2,5 °C. A diversidade de fungos foi realizada pelo método de coloração de fragmentos de micélio e do corpo-de-frutificação em azul de metileno e observado em microscópio de luz, da marca Coleman no aumento de 40x; os fungos foram identificados segundo Barnet (1960).

Análise estatística: Os resultados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) com aplicação do Teste de Tukey a 5% de significância para comparação das médias; para tanto, utilizou-se o delineamento estatístico inteiramente casualizado com modelo fatorial de 2 (períodos de coleta: chuvoso e seco) x 3 (2 clones de eucalipto e mata nativa) x 2 (profundidades: 0-5 e 5-20 cm), com três repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solos cultivados com o clone 1 e da mata nativa apresentaram textura franco arenosa e o solo cultivado com o clone 2 apresentou textura franco argilo arenoso (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios de areia, argila e silte dos solos cultivados clones de eucalipto e de mata nativa em Itaporanga D'Ajuda, Sergipe

Área de estudo*	Areia	Argila	Silte	Classe textural
	g kg ⁻¹			
Mata nativa	71,7	18,5	9,7	Franco arenosa
Clone 1	74,2	17,5	8,2	Franco arenosa
Clone 2	58,4	29,6	12,0	Franco argilo arenoso

* Área de estudo: Clone 1 – Copener 1250 e Clone 2 – Bahia Norte 1277; Mata nativa – reserva de mata nativa

A análise da textura é um fator imprescindível na conservação do solo e na sustentabilidade do uso do solo. A ocorrência de solos com elevada porcentagem de areia, tais como observado nos solos cultivados com o clone 1 de eucalipto e da mata nativa, pode resultar em solos com menor estabilidade dos agregados, favorecendo a redução da sustentabilidade do ecossistema, com o mencionado por Lima (2009).

Na estabilidade física do solo é importante a presença de agregados, o que potencializa a capacidade de armazenamento de água, diminui as perdas de partículas e nutrientes por processos erosivos e facilita a proteção física e o acúmulo da matéria orgânica no solo (Moreira & Siqueira, 2006). Em sistemas florestais, como os solos cultivados com eucalipto, o uso de implementos pesados no preparo do solo até a colheita em solos arenosos, pode provocar alterações na distribuição e na estabilidade dos agregados diminuindo a porcentagem de macroagregados e aumentando a dos microagregados (Pereira et al., 2010). Além disto, a quebra dos macroagregados expõe a matéria orgânica armazenada no seu interior, ao ataque dos micro-organismos, promovendo a rápida decomposição e, consequentemente, a redução da formação dos agregados no solo (Lima, 2009).

A matéria orgânica do solo é um dos responsáveis pelo estímulo da atividade microbiana no solo, como fungos e bactérias. Esses micro-organismos são importantes na agregação das partículas dos solos, devido à formação de estruturas vegetativas (hifas, células bacterianas) e à liberação de substâncias como, por exemplo, açúcares, aminoácidos, que se ligam às partículas do solo e contribuem para a formação dos agregados. As plantas, juntamente com os micro-organismos, liberam compostos denominados rizosféricos, que favorecem a estrutura física do solo (Beutler et al., 2005). Assim sendo, a adição frequente de material orgânico em solos arenosos como os do cultivo dos dois clones de eucalipto, poderá contribuir para a melhoria da estrutura do solo em longo prazo, tal como citado por Guarizet al. (2009).

Além disto, é importante enfatizar que na área de mata nativa, apesar de ter sido observada, no momento da coleta das

amostras de solo, uma camada espessa de material orgânico, é vital que se trabalhe com a preservação desta área nativa, uma vez que, por possuir solo com elevada porcentagem de areia, como o do solo cultivado com o clone 1, pode sofrer impacto negativo em termos de conservação e sustentabilidade deste ecossistema pela redução de material orgânico e, em contrapartida, da atividade microbiana, importantes na manutenção dos agregados e no equilíbrio biológico.

O teor de carbono orgânico total na área cultivada com o clone 1 foi de 14,3 g kg⁻¹ sem diferença em relação à área de mata nativa com 14,8 g kg⁻¹, mas significativamente superior aos valores nas áreas do clone 2 (Tabela 2).

Comparativamente, os teores de carbono orgânico total encontrados nos solos cultivados com clones de eucalipto foram superiores aos citados por Gama-Rodrigues et al. (2005). Esses autores citam em que solos sob eucalipto com 7 anos de idade e com baixo teor de argila encontraram 7,30 g kg⁻¹ de C orgânico total, valor inferior ao observado neste estudo com clones de eucalipto com 2 anos de idade. O acúmulo de carbono orgânico total no solo cultivado com o clone 1 de eucalipto pode ter sido característico dos resíduos depositados na serapilheira, bem como devido ao consórcio com capim braquiária, que pode resultar de 1,8 a 3,1 Mg ha⁻¹ de biomassa aérea de gramínea dependendo da época do ano (seco a chuvoso), além do incremento da biomassa radicular (Marasca et al., 2011). Da mesma forma, Assis Júnior et al. (2003) ressaltam que o consórcio eucalipto-gramínea pode contribuir para a conservação do solo pelo acréscimo de matéria orgânica, que estimula a população microbiana e pode favorecer a formação de agregados no solo.

Por sua vez, Balieiro et al. (2004) citam que a quantidade de serapilheira acumulada sobre o solo no plantio de eucalipto foi 16,6 Mg ha⁻¹ e ocorre devido à elevada deposição de galhos e cascas, materiais esses de difícil decomposição. A lenta decomposição dos resíduos da cultura de eucalipto presentes na serapilheira, pode ser devido à ocorrência da relação C:N de 30 a 100, dependendo da espécie e da parte da planta estudada e também da alta relação C:P e C:S (Moreira & Siqueira, 2006). Desta forma, o acúmulo de carbono orgânico total na área do clone 1 de eucalipto, pode ter ocorrido não só pelo efeito da composição química diferenciada dos resíduos da cultura do eucalipto depositados na serapilheira, em relação ao clone 2, de vez que Pulrolnik et al. (2009) observaram que o estoque de carbono em plantios de eucalipto depende das condições climáticas da textura do solo, da idade, da densidade de plantio, do estágio sucessional e da espécie estudada, que também podem influenciar na quantidade de estoque de carbono do

Tabela 2. Valores médios de pH, carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), fósforo (P), unidades formadoras de colônia (UFC) de fungos e bactérias e taxa respiratória (C-CO₂) em solos cultivados com clones de eucalipto e mata nativa, em Itaporanga D'Ajuda, Sergipe

Área de estudo ¹	Parâmetros avaliados						
	Químicos				Microbiológicos		
	pH (em H ₂ O)	COT (g kg ⁻¹ TFSA)	NT (%)	P (mg kg ⁻¹)	UFC – fungos (x10 ²)	UFC – bactérias (x10 ²)	C-CO ₂ (mg g ⁻¹ de solo dia ⁻¹)
Mata	4,2 c	14,8 a ²	0,10 a	2,1 c	6,7 b	33,8 a	1,06 a
Clone 1	5,4 a	14,3 a	0,07 b	14,7 a	14,6 a	24,6 a	0,55 b
Clone 2	5,1 b	8,9 b	0,10 a	3,3 b	3,4 b	11,7 b	0,38 b

¹ Área de estudo: Clone 1 – Copener 1250 e Clone 2 – Bahia Norte 1277; Mata – reserva de mata nativa;

² Comparações entre as médias, letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p < 0,05)

solo cultivado com eucalipto, tal como na intensidade ou magnitude com que as transformações do resíduo vegetal aportado ao solo.

Outrossim, é necessário ressaltar que o teor de carbono orgânico é um fator correlacionado com a sustentabilidade do sistema agroflorestal devido à influência da matéria orgânica nas propriedades físicas, químicas e biológicas (Geet al., 2011). Já Moreira & Siqueira (2006) mencionam a importância da interação dos indicadores físicos, químicos e biológicos, na avaliação da qualidade do solo.

Para o teor de nitrogênio, Gama-Rodrigues et al. (2005) encontraram teor de N total de $0,40 \text{ gkg}^{-1}$, superior ao observado nas áreas dos clones 1 e 2, como também na mata (Tabela 2). Velasco-Molina et al. (2006) citam que o teor de nitrogênio em solos cultivados com eucalipto foi de $0,58 \text{ mg kg}^{-1}$ com 12 meses de idade, valor este também superior ao observado neste estudo. A variação dos valores observados de nitrogênio nas áreas e os dados relatados na literatura podem ter sido devidos não apenas à idade dos cultivos de eucalipto, mas também às condições ambientais, principalmente, temperatura, tipo de solo, relevo e fertilidade do solo, dentre outros fatores, tal como citado por Pulrolnik et al. (2009), para o carbono orgânico total.

Já para o teor de fósforo tem-se que no solo cultivado com o clone 1 foi o que apresentou maior teor deste elemento em relação às demais áreas de estudo. Moreira & Siqueira (2006) citam que tanto fungos como bactérias são eficientes na solubilização de fosfatos. Além disto, o emprego do consórcio de eucalipto com braquiária na área do clone 1, pode ter favorecido o desenvolvimento de fungos e bactérias que participam da mineralização de nutrientes, como o P no solo, em especial, quando comparado com a área do clone 2, sem braquiária (Tabela 2). Assis Junior et al. (2003) citam que a atividade microbiana em solos com gramíneas foi estimulada pela liberação de nutrientes na rizosfera, através dos exsudatos radiculares, que fornecem nutrientes prontamente utilizáveis para o metabolismo e crescimento microbiano, como os fungos e bactérias solubilizadores de fosfatos influenciando na dinâmica de disponibilização de nutrientes no solo; outro fator que pode ter contribuído para a ocorrência do acúmulo de P no solo do clone 1 pode ter sido a disponibilização de P no solo, pela biomassa da braquiária. Marasca et al. (2011) relatam que a biomassa de braquiária pode incorporar em torno de $10,06 \text{ kg ha}^{-1}$ de fósforo no solo, o que pode ter contribuído, também, para o incremento deste nutriente no solo do clone 1.

Segundo Peñaet al. (2005) a diversidade florística pode contribuir para uma atividade microbiana maior no solo, devido à presença de fontes de carbono e de outros elementos essenciais ao desenvolvimento desses organismos do solo. Observou-se, na área de mata nativa, diversidade vegetal, tais como palmeiras, angelim e murici, dentre outras espécies, que podem ter contribuído para um habitat ideal além da presença espessa de material orgânico na serapilheira. Esta deposição de material orgânico serve como uma importante fonte de carbono e de energia para o metabolismo microbiano. O material orgânico depositado na superfície do solo também favorece a retenção de água e reduz a temperatura do solo estimulando o desenvolvimento de micro-organismos (Moreira & Siqueira,

2006). Segundo Silveira et al. (2006) a presença elevada do teor de material orgânico estimulou o desenvolvimento de bactérias quando comparado com a densidade de fungos, tal como observado neste trabalho no solo de mata e do clone 1, através do parâmetro UFC (Tabela 2).

No solo de mata nativa, o pH foi mais ácido em comparação com os solos cultivados com os clones de eucalipto em decorrência, provavelmente, do tipo de resíduo da serapilheira que forma a matéria orgânica (Tabela 2). Além disto, durante o metabolismo microbiano, como de bactérias e fungos, são liberadas substâncias extracelulares que auxiliam no processo de transformação da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes no perfil do solo, que podem ter favorecido a redução do pH do solo, como observado no solo de mata (Moreira & Siqueira, 2006).

A ocorrência de maior teor de matéria orgânica na área de mata, também pode estar correlacionada com a maior taxa respiratória (Tabela 2). Ge et al. (2011) mencionam que o aumento da eficiência metabólica de uma comunidade microbiana pode ser refletido pela sua taxa de respiração. A ocorrência de uma taxa respiratória elevada no solo da mata indica atividade microbiana elevada, estimulada por micro-organismos heterotróficos, pela adição permanente e contínua de matéria orgânica ao solo (Moeskopset al., 2010).

Assim, o emprego do consórcio eucalipto-braquiária pode contribuir para o equilíbrio do ecossistema, como no solo da mata nativa e os parâmetros como teor de carbono orgânico, teor de fósforo, densidade microbiana e taxa respiratória do solo, passíveis de ser considerados sensíveis no estudo da qualidade do solo.

Considerando o solo de mata nativa verificou-se que o pH apresentou redução significativa no período chuvoso, quando comparado com o do período seco, tal como observado também na área de clone 1 (Tabela 3).

A redução do pH no solo de mata, discutido anteriormente, pode ter sido em decorrência da composição química da matéria orgânica que forma a serapilheira. Além disto, a deposição de resíduos orgânicos estimula o desenvolvimento microbiano por ser fonte de carbono para o metabolismo de fungos e bactérias; desta forma, a ocorrência de maiores teores de carbono no período chuvoso a 0-5 cm de profundidade tanto na área de mata nativa como cultivado com o clone 1 de eucalipto, pode ter contribuído para acidificação do solo, no período chuvoso (Tabela 3).

Na área cultivada com o clone 2 o teor de carbono foi significativo na profundidade de 0-5 cm no período seco, ao contrário do observado para a área do clone 1 e mata nativa (Tabela 3). Este padrão pode ser atribuído ao consórcio eucalipto-braquiária, que favoreceu o acúmulo de material orgânico na superfície, em função da elevada quantidade de biomassa aérea do capim braquiária formada no solo do clone 1 e pela diversidade de espécies arbóreas, no solo de mata nativa, enquanto que, na área do clone 2 não foi observada deposição intensa de resíduos orgânicos, como na área do clone 1 e de mata nativa, como já discutido.

As diferenças dos teores de carbono e de matéria orgânica entre as vegetações também foram observadas por Moreira & Siqueira (2006) segundo os quais, a quantidade e a qualidade

Tabela 3. Valores médios de pH, carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), fósforo (P), unidades formadoras de colônia (UFC) de fungos e bactérias e taxa respiratória (C-CO₂) em solos de mata nativa, clone 1 (Copener 1250) e clone 2 (Bahia Norte 1277) de eucalipto, nos períodos de chuva (inverno) e seca (verão) em Itaporanga D'Ajuda, Sergipe

Prof. (cm)	Período de avaliação	Atributos químicos				Atributos microbiológicos		
		pH (em H ₂ O)	COT (g kg ⁻¹ TFSA)	NT (%)	P (mg kg ⁻¹)	UFC – fungos (x10 ²)	UFC – bactérias (x10 ²)	C-CO ₂ (mg g ⁻¹ de solo dia ⁻¹)
Mata Nativa								
0-5	Chuvoso	3,3c*	17,8a	0,10b	2,4a	6,0a	34,3a	1,16a
	Seco	4,7a	13,9b	0,12a	1,9b	4,3a	40,7a	0,93a
5-20	Chuvoso	4,0b	13,9b	0,09b	2,3a	1,3a	17,9b	1,19a
	Seco	4,7a	13,6b	0,09b	1,9b	15,3a	43,3a	0,95a
Clone 1 (Copener 1250)								
0-5	Chuvoso	4,7c	16,2a	0,09a	23,9a	40,0a	2,3c	0,50a
	Seco	5,7b	13,5b	0,07c	9,1c	6,7b	33,0b	0,80a
5-20	Chuvoso	4,8c	13,4b	0,08b	19,2b	6,3b	1,0c	0,36a
	Seco	6,2a	13,9b	0,05d	6,4d	5,3b	60,0a	0,55a
Clone 2 (Bahia Norte 1277)								
0-5	Chuvoso	5,4a	8,4b	0,10b	3,5a	3,3a	11,7b	0,57a
	Seco	4,9a	10,9a	0,12a	2,9b	5,0a	25,7a	0,29c
5-20	Chuvoso	5,1a	7,1c	0,10b	2,9b	2,0a	4,0b	0,38b
	Seco	5,1a	8,9b	0,10b	3,7a	3,3a	6,3b	0,27c

* Comparações entre as médias, letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p < 0,05)

do material vegetal incorporado ao solo resultam em acúmulo de carbono diferencial, de acordo com a diversidade florística e a presença da vegetação, durante o ano todo.

A estrutura vegetativa e a diversidade de espécies vegetais observadas na mata podem ter contribuído para a maior concentração de carbono e de matéria orgânica em relação aos clones avaliados, enquanto na área do clone 1 foi observado o consórcio do eucalipto com a gramínea do tipo braquiária e na área de estudo do plantio do clone 2 não foi constatado o sistema de consórcio de culturas, exceto a presença de esterco animal, distribuído de forma desuniforme pelo terreno, em razão da criação de gado em parceria com o sistema florestal.

Por outro lado, o teor de nitrogênio foi significativamente superior na área de mata nativa e do clone 2, durante o período seco, a 0-5 cm de profundidade (Tabela 3). Já no solo cultivado com o clone 1 apresentou teor de nitrogênio superior no período chuvoso, a 0-5cm de profundidade, devido, provavelmente, à biomassa da braquiária que pode apresentar de 1,4 a 1,7% de N (Marasca et al., 2011); assim, o teor de nitrogênio no solo foi influenciado não pela variação sazonal (período chuvoso-seco) mas também pela profundidade, dependendo da vegetação e suas interações (Tabela 3).

Balheiro et al. (2004) citam que o cultivo de eucalipto com leguminosas aumenta o teor de nitrogênio do solo e que este nutriente pode estar diretamente relacionado com a velocidade de mineralização contribuindo para a estabilização do solo, principalmente em solo arenosos. Velasco-Molina et al. (2006) citam que o teor de nitrogênio em solos cultivados com eucalipto foi de 0,58 mg kg⁻¹ na profundidade de 0-10 cm e de 0,38 mg kg⁻¹ de solo de 10-30 cm, sendo que de 60-90 cm o teor de N ficou em 0,22 mg kg⁻¹ de solo; da mesma forma, Pulrolnik et al. (2009) observaram que em função da alta relação C:N dos resíduos de eucalipto, há incremento significativo do estoque de carbono orgânico total e de nitrogênio total nas camadas superficiais. Neste estudo o consórcio de eucalipto com uma gramínea não representou incremento no teor de nitrogênio mas contribuiu para o aumento de carbono e de fósforo, sobretudo, no período chuvoso e na profundidade de 0-5 cm (Tabela 3).

A ocorrência de teor de P superior no clone 1 a 0-5 cm, pode ter sido decorrente do estímulo ao desenvolvimento de micro-organismos solubilizadores, associados ao consórcio eucalipto-braquiária, como observado por Assis Junior et al. (2003). Dentre os micro-organismos solubilizadores tem-se fungos e bactérias (Moreira & Siqueira, 2006). No solo cultivado com o clone 1 tem-se que a densidade de fungos foi superior à de bactéria, o que pode ter favorecido o aumento de P no solo, sobremaneira, no período chuvoso, no clone 1, em comparação com o solo de mata nativa e do clone 2 (Tabela 3).

No solo de mata nativa, não houve diferença entre a densidade de fungos entre os períodos chuvoso e seco nem entre as profundidades analisadas. Da mesma forma, ocorreu no solo cultivado com o clone 2 (Tabela 3); já a densidade de bactérias no solo de mata nativa foi estimulada na superfície (0-5 cm) tanto no período chuvoso como no seco e na profundidade de 5-20 cm, no período seco. Já nos solos cultivados com os clones de eucalipto, a densidade de bactéria foi superior no período seco, o que confirma a adaptação de bactérias do solo a ambientes com menor disponibilidade de água (Moreira & Siqueira, 2006).

No período chuvoso foram encontrados fungos pertencentes aos gêneros *Penicillium* e *Aspergillus*, como sendo importantes na solubilização de fosfato nos solos, tal como citado por Souchie et al. (2007). Da mesma forma, Silva-Filho & Vidor (2001) mencionam que *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. são importantes solubilizadores de fosfato no solo, mas que a atividade desses micro-organismos depende da fonte de nitrogênio presente no solo, o que pode ter influenciado no desenvolvimento desses micro-organismos nas áreas de estudo. Mendes et al. (2009) citam que foram identificados 31 isolados de fungos de solo sob mata de eucalipto e que a predominância foi de *Aspergillusniger* com alta taxa de solubilização de fósforo; já no período seco foram encontrados, também em maior densidade, fungos pertencentes ao gênero *Penicillium* e em menor escala fungos como *Alternaria*, *Gonatotryps*, *Aspergilluse Sclerotium* nas culturas *in vitro* e em condições de campo foram observados corpos de frutificação do fungo ectomicorrízico *Pisolithustinctorius*, pertencente à ordem Sclerodermatales, no povoamento do clone 2.

Considerando a atividade microbiana avaliada através da taxa de respiração, tem-se que na área de mata não houve diferença entre os períodos e as profundidades avaliadas (Tabela 3). Este padrão se deve ao fato de ser um ecossistema sem intervenção antrópica, em equilíbrio, com a deposição de resíduos orgânicos constante na superfície, contribui para redução da temperatura, retenção de umidade, mesmo nos períodos mais secos, na região. É importante ressaltar que o elevado teor de carbono e de nitrogênio no solo da mata, pode contribuir para mineralização de nutrientes no solo e que a taxa respiratória é um indicador de atividade microbiana importante na ciclagem de nutrientes no ambiente.

Comparativamente, o solo da área do clone 1 apresentou o mesmo padrão que o solo da área de mata nativa, ou seja, a taxa respiratória não apresentou diferença entre os períodos chuvoso e seco, nas duas profundidades avaliadas (Tabela 3). Este resultado pode ter sido devido à presença de maior biomassa de capim sobre a superfície, que manteve condições adequadas ao metabolismo microbiano sem que as condições de umidade influenciassem neste atributo, como observado por Balieiro et al. (2004). Por sua vez, Silveira et al. (2006) citam que a permanência da cobertura vegetal no solo, como observado na área da mata nativa e do clone 1, pode ser um fator determinante na atividade microbiana, pois esta camada superficial pode reduzir as oscilações de temperatura e umidade no solo além de que a diversidade de espécies vegetais é importante para a manutenção e o aumento da diversidade de organismos do solo biologicamente ativos.

Já na área cultivada com o clone 2 de eucalipto houve baixa densidade de resíduos vegetais em comparação com o solo de mata nativa e o espaçamento entre as plantas era de aproximadamente 3 m. Aliados a esses fatores, os clones cultivados apresentavam idade média de 2 anos, o que favoreceu maior aeração, menor deposição de resíduos vegetais e menor retenção de água no solo, o que pode ter contribuído para menor atividade microbiana em comparação com a atividade biológica na mata. Por outro lado, não houve diferença significativa na taxa respiratória no solo de mata nativa e do clone 1, mas a taxa respiratória microbiana foi significativamente superior no clone 2 no período chuvoso, nas duas profundidades avaliadas (Tabela 3).

Chaér & Tótola (2007) citam que em povoamentos de eucalipto não houve variações na atividade microbiológica nos dois clones estudados, na profundidade de até 20 cm, por não sofrer impactos decorrentes das operações de manejo, alterações de temperatura e umidade. Entretanto, é importante ressaltar que na área do clone 2, durante o período verão, o solo se apresentava seco e de difícil penetração do trado para retirada das amostras, o que pode ter influenciado na atividade microbiana, principalmente na profundidade de 5-20 cm. Já Vital (2007) cita que o cultivo de eucalipto pode promover efeitos deletérios sobre a biodiversidade microbiana do solo, pelo fato do plantio ser feito sob a forma de monocultivo, tal como citado também por Lourente (2008). Por sua vez, Silveira et al. (2006) citam que, de modo geral, as alterações provocadas no solo pela prática agrícola ou florestal, promovem a redução da qualidade do solo, considerando-se os parâmetros microbiológicos e químicos do solo. Esses autores ressaltam que as atividades antrópicas

exercidas nas áreas de estudo tiveram forte impacto negativo na microbiota do solo reduzindo o número de bactérias, fungos, solubilizadores de fosfato, atividade e biomassa microbiana.

É importante, porém, destacar que a utilização de espécies exóticas como o eucalipto visando ao seu uso para fins comerciais, propicia uma conservação maior das florestas nativas diminuindo a pressão sobre elas, visto que sua exploração passa a ser manejada buscando a sustentabilidade dos ecossistemas (Osaki, 2008). Vital (2007) resalta, ainda, que durante a colheita florestal são depositadas toneladas de restos vegetativos que favorecem a formação de uma camada de material orgânico na superfície devolvendo ao solo, através da mineralização, parte dos nutrientes minerais e orgânicos necessários para o desenvolvimento tanto da microbiota como de espécies vegetais.

Assim sendo, tem-se que o cultivo de clones de eucalipto associado com gramíneas ou não em comparação com o solo de mata nativa, pode influenciar a atividade microbiana, a fertilidade e a conservação deste solo.

CONCLUSÕES

Os teores de carbono, fósforo e taxa respiratória, foram os indicadores mais sensíveis para avaliação do cultivo dos clones de eucalipto sobre a qualidade do solo.

Os períodos de coleta, chuvoso e seco, influenciaram nos atributos químicos e microbiológicos avaliados.

O teor de carbono favoreceu a densidade e a diversidade microbiana na área de mata em comparação com a área cultivada com os clones de eucalipto.

O cultivo do clone 1 em consórcio com gramínea do tipo braquiária, contribuiu para o aumento de carbono orgânico total e de fósforo no solo devido à concentração de fungos e de bactérias.

A atividade microbiana no solo foi influenciada pelo tipo de vegetação (mata e clones).

LITERATURA CITADA

- Assis Júnior, S.L. de.; Zanuncio, J.C.; Kasuya.; C.M.; Couto, L. Melido, R.C.N. Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada. *Revista Árvore*, v. 27, n.1, p.35-41, 2003. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622003000100005>>
- Balieiro, F.C.; Franco, A.A.; Pereira, M.G.; Campello, E.F.C.; Dias, L.E.; Faria, S.M. de; Alvez, B.J.R. Dinâmica da serapilheira e transferência de nitrogênio ao solo em plantio de *Pseudosamanea guachapele* e *Eucalyptus grandis*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.29, n.6, p.597-601, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2004000600012>>
- Barnet, H.L. *Illustrated Genera of imperfect Fungi*. 2.ed. Minneapolis: Burgess Publishing Company, 1960. 221p.
- Barretto, M.C. de V. Degradação da fração orgânica de diferentes resíduos e efeitos em algumas propriedades químicas e físicas de dois solos. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, 1995. 106p. Tese Doutorado.

- Beutler, A.N.; Centurion, J.F.; Freddi, O.S.; Andrioli, I. Efeito da compactação do solo na estabilidade de agregados e no conteúdo gravimétrico de água. *Acta Scientiarum. Agronomia*, v.27, n.2, p.193-198, 2005. <<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v27i2.1480>>
- Chaér, G.M.; Tótoia, M.R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, n. 6, p.1381-1396, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000600016>>
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Centro Nacional de Pesquisas de Solos - CNPS. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa; CNPS, 1997. 212p.
- Gama-Rodrigues, E.F. da; Barros, N.F. de; Gama-Rodrigues, A.C. da.; Santos, G. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.29, n.6, p. 893-901, 2005. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000600007>>
- Gama-Rodrigues, E.F. da; Brasso, N.F. de; Viana, A.P.; Santos, G. de A. Alterações na biomassa e na atividade microbiana da serrapilheira e do solo, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa por plantações de eucalipto, em diferentes sítios da região sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.32, n.10, p.1489-1499, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000400016>>
- Ge, T.; Nie, S.; Wu, J.; Shen, J.; Xiao, H.; Tong, C.; Huang, D.; Hong, Y.; Iwasaki, K. Chemical properties, microbial biomass, and activity differ between soils of organic and conventional horticultural systems under greenhouse and open field management: a case study. *Journal Soil Sediments*, v.11, n.1, p.25-36, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1007/s11368-010-0293-4>>
- Guariz, H.R.; Campanhar, W.A.; Picoli, M.H.S.; Cecília, R.A.; Hollanda, M.P.D. Variação da umidade e da densidade do solo sob diferentes coberturas vegetais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14., 2009, Natal. Anais... Natal: INPE. 2009. p.7709-7716.
- Lima, F.W.C. Efeito dos fatores físicos e biológicos sobre a decomposição e liberação de nutrientes da folhagem de espécies arbóreas da caatinga. Sobral: Universidade Estadual Vale do Acaraú. Sobral, 2009. 52p. Dissertação Mestrado.
- Lourente, E.R.P. Atributos químicos e microbiológicos avaliados em sistemas de cultivos agrícolas e florestais. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v.3, n.2, p.111-114, 2008. <<http://www.aba-agroecologia.org.br/ojs2/index.php/rbagroecologia/article/view/7619/5487>>. 26 Jan. 2011.
- Marasca, I.; Medeiros, L. C.; Araújo, M.J.; Perin, A.; Oliveira, C.A.A. Teores e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio e decomposição da biomassa de braquiária em sistema Santa Fé. *Enciclopédia Biosfera*, v.7, n.12, p.1-9, 2011.
- Mendes, G.O.; Oliveira, S.C.; Freitas, A.L.M.; Pyro, V.S.; Pereira, O.L.; Silva, I.R. da; Costa, M.D. Solubilização de hidroxiapatita por fungos isolados de solo sob mata de eucalipto. In: Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 32., 2009, Fortaleza. Anais... Fortaleza: SBCS, 2009. CD Rom.
- Moeskops, B.; Sukristiyonubowo, D.; Buchan, S.; Sleutel, L.; Herawaty, E.; Husen, R.; Saraswati, D.; Neve, S. de. Soil microbial communities and activities under intensive organic and conventional vegetable farming in West Java, Indonesia. *Applied Soil Ecology*, v.45, n.1, p.112-120, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.03.005>>
- Moreira, F. M.; Siqueira, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: Editora UFLA. 2006. 729p.
- Osaki, F. Distribuição espacial de microorganismos e fertilidade em solos de dois ecossistemas florestais: Floresta ombrófila mista e povoamento florestal com *Pinus taeda* L. em Tijucas do Sul –PR. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2008. 264p. Tese Doutorado.
- Peña, M.L.P.; Marques R.; Jahnel M.C.; Anjos A.D. Respiração microbiana como indicador da qualidade do solo em ecossistema florestal. *Revista Floresta*, v.35, n.1, p.117-127, 2005. <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/view/2435>>. 26 Jan. 2011.
- Pereira, F. de S.; Andrioli, I.; Beutler, A.N.; Almeida, C.X. de; Pereira, F. de S. Qualidade física de um Latossolo vermelho cultivado com milho submetido a culturas de plantas de cobertura em pré-safra *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, n.1, p. 211-218, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000100021>>
- Pulrolnik, K.; Barros, N.F.; Silva, I.R.; Novais, R.F.; Brandani, C.B. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no Vale do Jequitinhonha –MG. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n.5, p.1125-1136, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000500006>>
- Silva Filho, G.N.; Vidor, C. Atividade de microrganismos solubilizadores de fosfatos na presença de nitrogênio, ferro, cálcio e potássio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.36, n.12, p.1495-1508, 2001. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2001001200007>>
- Silveira, R.B.; Melloni, R.; Melloni, E.G.P. Atributos microbiológicos e bioquímicos como indicadores da recuperação de áreas degradadas, em Itajubá/MG. *Cerne*, v.12, n.1, p.48-55, 2006. <<http://www.dcf.ufla.br/cerne/publicacao.php?volume=12&numero=1>>. 26 Jan. 2011.
- Souchie, E.L.; Abboud, A.C.S.; Caproni, A.L. Solubilização de fosfato in vitro por microrganismos rizosféricos de guandu. *Bioscience Journal*, v.23, n.2, p.53-60, 2007. <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6618>>. 15 Jan. 2011.
- Velasco-Molina, M.; Mattiazzo, M.E.; Andrade, C.A.; Poggiani, F. Nitrogênio e metais pesados no solo e em árvores de eucalipto decorrentes da aplicação de biossólido em plantio florestal. *Scientia Forestalis*, n.71, p. 25-35, 2006. <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr71/cap03.pdf>>. 28 Jan. 2011.
- Vital, M.H.F. Impacto Ambiental de florestas de eucalipto. *Revista do BNDES*, v.14, n.28, p.235-276, 2007. <<http://www.bndes.gov.br>>. 03 Jan. 2011.