



Atributos químicos e microbiológicos do solo em plantios clonais de eucalipto

Giovanno Radel VARGAS^{1*}, Renato MARQUES², Jonas Eduardo BIANCHIN²,
Hilbert BLUM², Wilson Wagner TEIXEIRA²

¹Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava, Paraná, Brasil.

²Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. (ORCID: 0000-0003-3011-6672;
0000-0002-8993-1631; 0000-0002-7611-2813; 0000-0003-3994-5290)

*E-mail: dinidio@gmail.com (ORCID: 0000-0001-6660-5916)

Recebido em 23/01/2019; Aceito em 13/02/2020; Publicado em 13/04/2020.

RESUMO: Atributos microbiológicos do solo podem ser relacionados à ciclagem de nutrientes e mesmo com a produtividade de plantas e podem se relacionar com a fertilidade do solo ou com o potencial de desenvolvimento de determinadas espécies. O objetivo deste trabalho foi caracterizar atributos químicos e microbiológicos do solo em plantios com diferentes materiais genéticos de eucalipto, submetidos ou não ao desbaste florestal. O trabalho foi conduzido em área no município de Itatinga-SP, onde estão plantados oito clones e um plantio semental de eucalipto. As parcelas do experimento foram compostas pelos 8 clones e pelo plantio semental, sendo suas subparcelas as áreas em que foi realizado o desbaste e as áreas onde não foi realizado o desbaste. Foram realizadas coletas de solo para análises químicas e para os atributos microbiológicos nas camadas superficiais do solo. Não foi identificado efeito dos materiais genéticos sobre atributos químicos do solo. Foi observada tendência de maior atividade microbiológica no verão e não foi verificada influência do material genético sobre atributos microbiológicos, mas o desbaste influenciou alguns deles, sem, entretanto, comportamento padrão.

Palavras-chave: microbiologia; clones; desbaste; microbiota do solo.

Chemical and microbiological attributes of the soil in clonal eucalyptus plantations

ABSTRACT: Soil microbiological attributes can be related to nutrient cycling and even plant productivity and can be related to soil fertility or the development potential of certain species. The objective of this work was to characterize chemical and microbiological attributes of the soil in plantations with different genetic materials of eucalyptus, submitted or not to forest thinning. The work was carried out in an area in the municipality of Itatinga-SP, where eight clones and one eucalyptus seed plantation are planted. The experimental plots were composed of 8 clones and seed planting, with its subplots being the areas where thinning was carried out and the areas where thinning was not carried out. Soil collections were carried out for chemical analysis and microbiological attributes in the superficial layers of the soil. No effect of genetic materials on soil chemical attributes was identified. A trend towards greater microbiological activity was observed in the summer and there was no influence of genetic material on microbiological attributes, but thinning influenced some of them, without, however, standard behavior.

Keywords: microbiology; clones; thinning; soil microbiota.

1. INTRODUÇÃO

A microbiota do solo, composta principalmente por fungos e bactérias possui grande importância em alguns processos que ocorrem na interface solo-serapilheira. Como na decomposição do material orgânico depositado pela vegetação (ASSIS JUNIOR et al., 2003).

A fragmentação, decomposição e mineralização do material tanto de origem animal, quanto de origem vegetal, como no caso da serapilheira, é uma das principais funções executadas pela microbiota do solo para que haja maior equilíbrio em um ecossistema. Apesar da influência sobre as características químicas do material, observam-se algumas modificações físicas por exemplo, quando da redução do material durante a ocorrência da decomposição, além da liberação e aumento da disponibilidade dos nutrientes presentes no solo para a comunidade vegetal do local,

possuindo assim papel fundamental na ciclagem de nutrientes em um ecossistema (VIERA; SCHUMACHER, 2010).

Apesar das diferenças entre formas e tamanhos destes organismos, a atividade microbiana no solo é composta principalmente por fungos e bactérias, o que pode ser determinado principalmente através da atividade respiratória dos organismos. Esta corresponde a mais de 90% da atividade respiratória no solo, contribuindo indiretamente inclusive com a fertilidade do mesmo, por meio da decomposição e liberação de nutrientes no sistema (MONTEIRO; GAMA-RODRIGUES, 2004).

Esta importante função dos microrganismos, gerada muitas vezes por mecanismos internos dos mesmos, demonstra capacidade tanto de imobilizar quanto de mineralizar compostos no solo, o que leva à liberação de nutrientes no mesmo. As bactérias e os fungos possuem

aparatos enzimáticos responsáveis por mecanismos de degradação no solo, além de possuírem capacidade de produção de compostos orgânicos que auxiliam na formação de agregados. Estes organismos são altamente numerosos e participam ativamente de atividades como os ciclos do carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre, possuindo assim papel importante na fertilidade do solo e, devido a isto, também no desenvolvimento e crescimento vegetal nas áreas em que atuam (VARGAS; SCHOLLES, 2000).

O compartimento composto pela biomassa microbiana do solo é muito sensível às mudanças ocorridas em um ecossistema, sendo influenciado diretamente por fatores bióticos e abióticos. Gama-Rodrigues (1997), analisando diversos atributos do solo, observou que os resultados relacionados à atividade microbiológica do solo foram os que mais contribuíram para a distinção entre diferentes coberturas florestais. Assim, variações nas condições de microclima em um ecossistema ambiental, causadas por fatores ambientais ou mesmo de manejo, como da aplicação do desbaste, por exemplo, têm efeito direto na atividade microbiana e conseqüentemente no ciclo de nutrientes em um ecossistema (DANTAS et al., 2011), sendo assim um importante indicador de qualidade do solo (MELE; CARTER, 1993).

Estimativas relacionadas à atividade microbiana podem ser utilizadas em estudos relacionados à ciclagem de nutrientes e mesmo de produtividade de plantas, pois permitem relacionar a quantidade de nutrientes imobilizados e a atividade microbiológica, por exemplo, com a fertilidade do solo ou mesmo com o potencial de desenvolvimento de determinadas espécies (CARTER, 1986).

Os solos normalmente utilizados em plantios florestais são de baixa fertilidade e de alto grau de acidez, sendo assim associados a altos teores de alumínio e de alguns micronutrientes que em excesso podem tornar-se tóxicos às plantas, como o Mn, por exemplo; assim é de expressiva importância estudos microbiológicos nestes solos para se conhecer se estas características podem afetar a atividade microbiana, os processos de decomposição e a posterior disponibilidade dos nutrientes no solo e para as plantas (LACLAU et al., 2008).

Segundo Rodrigues et al. (2010), fatores como densidade de povoamento ou mesmo composição de espécies em um plantio florestal, além da própria época do ano, maturidade de um povoamento, manejo florestal e a própria atividade dos microrganismos têm influência direta na disponibilidade de nutrientes e conseqüentemente no desenvolvimento das plantas.

Desta forma, além do estudo dos atributos químicos do solo, hoje também torna-se importante o estudo de atributos microbiológicos nestes ecossistemas, servindo também como base de avaliação para algumas práticas florestais, como o desbaste por exemplo ou mesmo como auxílio na escolha de clones mais adequados a serem utilizados em plantios de eucalipto, sendo que a escolha do adequado material genético a ser utilizado é cada vez mais importante (CHAER; TOTOLA, 2007).

O objetivo deste trabalho foi caracterizar atributos químicos e microbiológicos do solo em plantios com diferentes materiais genéticos de eucalipto, submetidos ou não ao desbaste florestal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido na Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga (EECFI), pertencente à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP), a qual está situada na região centro-sul do interior do estado de São Paulo, coordenadas 23°10' S e 48°40' W, no município de Itatinga.

A área da EECFI é de aproximadamente 2119,6 ha. O relevo da área é em sua maioria suave ondulado, com altitude aproximada de 850 m, tendo predominantemente solos classificados como Latossolo Vermelho de textura arenosa (EMBRAPA, 2018).

O clima é definido como temperado úmido com Inverno seco (Cwa), segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual da área é próxima dos 20 °C com temperaturas mínimas durante o ano em torno de 5 °C e temperaturas máximas em torno de 30 °C (INMET, 2017). A precipitação média anual é de 1300 mm (Figura 1) e a região faz parte da bacia hidrográfica do Rio Paranapanema (ESALQ, 2014).

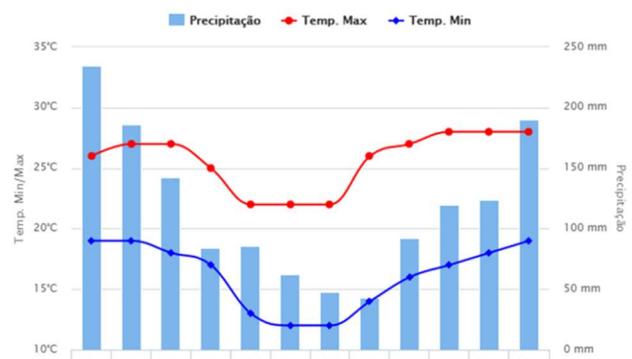


Figura 1. Precipitação e temperaturas máxima e mínima em Itatinga-SP, nos últimos 30 anos. Fonte: INMET, 2017.

Figure 1. Precipitation and Temperatures maximum and minimum in Itatinga in the last 30 years. Source: INMET, 2017.

A vegetação original da região é classificada como Floresta Estacional Semidecidual, pertencente predominantemente ao bioma Mata Atlântica (PISANI, 2009). Especificamente a área da EECFI é composta por diversos experimentos da área florestal com predominância de plantios clonais de espécies do gênero *Eucalyptus*.

2.2 Áreas de estudo

As áreas escolhidas para a realização da pesquisa são parcelas plantadas no ano de 2009, compostas por oito plantios clonais e um plantio semental de eucalipto com e sem desbaste. O desbaste foi feito durante os meses de outubro e novembro de 2013. Foram escolhidos oito clones para o experimento, sendo estes definidos como C219, I-042, 1277, H13, GG100, I224, URO CAM, I144 e um plantio semental chamado de *E. grandis* (Figura 2).

Para cada plantio clonal, foram consideradas 26 linhas com 20 árvores em cada linha, com espaçamento de 3,0 x 2,0 m entre si antes do desbaste e 26 x 10 plantas e espaçamento 3,0 x 4,0 m na área em que foi realizado desbaste. O plantio semental possui 20 linhas com 20 plantas em cada linha. Cada plantio clonal (parcela) é dividido em duas subparcelas de 13

linhas, onde nas 13 primeiras linhas de cada parcela não foi realizado o desbaste e nas 13 últimas linhas foi realizado o desbaste, o plantio semental é dividido da mesma maneira, mas com subparcelas de 10 linhas cada.

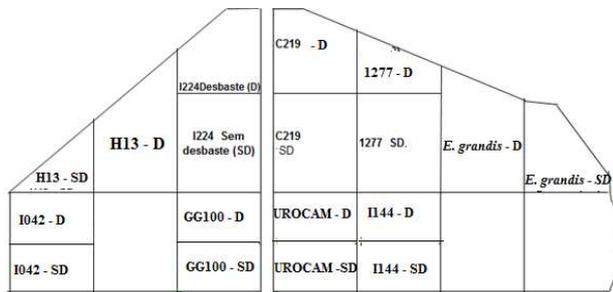


Figura 2. Croqui do posicionamento dos plantios no campo
Figure 2. Sketch of planting in the field.

2.3. Coletas e análises de solo

Para as análises químicas, foram escolhidos 15 pontos aleatórios onde foram coletadas amostras simples que foram depois agrupadas em amostras compostas, totalizando uma amostra composta por subparcela. Os resultados das análises químicas referem-se às amostras coletadas após o período final de coletas de serapilheira (agosto/2016), na profundidade de 0-5 cm.

As coletas de solo para realização das análises microbiológicas foram realizadas nos meses de fevereiro (verão) e agosto (inverno) de 2016, em seis pontos por subparcela (3 na linha e 3 na entrelinha), nas profundidades de 0-5 cm e 5-10 cm.

2.4. Atributos químicos do solo

Foram determinados os seguintes atributos químicos: fósforo (P) Mehlich, potássio (K) Mehlich, alumínio (Al^{3+}), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) trocáveis, pH $CaCl_2$, pH SMP e acidez potencial (H+Al). Foram calculadas a soma de bases (SB), a saturação por bases (V%), a saturação por alumínio (m%) e a CTC a pH 7,0, conforme Marques; Motta (2003).

Os teores de C e N (0-5 cm de profundidade) de solo foram obtidos pela análise de amostras finamente moídas (moinho de bola), por combustão, em equipamento CNHOS, marca Elementar, modelo Vario EL III.

2.5. Atributos microbiológicos

2.5.1 Carbono da Biomassa Microbiana (CBM)

Após as coletas no campo, as amostras passaram por peneira de 4 mm, sendo retiradas folhas e raízes encontradas e depois foram encaminhadas para as respectivas análises.

Para extração do Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) foi utilizado método de irradiação-extração, conforme descrito por Ferreira et al. (1999). Foram pesados 40g de solo e colocados em frascos plásticos de 200 mL. Para padronização da umidade das amostras foi realizado o teste de capacidade de campo para cada tratamento.

Para a realização deste, foram utilizados 40 g de solo, colocados em funil com papel filtro sobre Erlenmeyer de 200 mL e na sequência adicionados 100 ml de água deionizada, percolando por 12 horas no funil até não haver mais água gotejando pelo mesmo.

Assim foi obtida a diferença da água adicionada sobre o solo menos a água percolada, utilizando como fator de correção da água absorvida pelo filtro a amostra em branco. O resultado obtido foi multiplicado por 0,6 sendo o resultado final equivalente à quantidade de água a ser adicionada por amostra por tratamento, para obtenção de um valor de 60% da capacidade de campo do solo.

A irradiação das amostras foi feita em forno micro-ondas marca Sanyo Prosdócimo, modelo EM 9003 B, tensão de alimentação 120 V (60 Hz), frequência de micro-ondas de 2.450 MHz e concentração de energia 1,35 KW, durante 120 segundos por amostra. A quantidade de energia utilizada, em relação ao tempo de radiação foi de $1,62 \cdot 10^{-5}$ J, como sugerido por Ferreira et al. (1999), obtendo-se esse valor através da seguinte fórmula:

$$T = P / T \quad (01)$$

em que: T (trabalho/energia); P (potência) = $W = J \cdot s^{-1}$ e Δt (tempo).

Para proceder à extração, foram adicionados aos frascos 50 mL de K_2SO_4 0,5 mol L^{-1} , utilizando relação solo: extrator 1:1,25 seguido de agitação por meia hora. Após a decantação do solo, foi retirado o sobrenadante passando-o em filtro Whatman nº 42. As alíquotas foram armazenadas em geladeira para posterior determinação do CBM.

O CBM foi determinado segundo metodologia de Silva et al. (2007a), utilizando-se $K_2Cr_2O_7$ 0,066 mol L^{-1} . Foi retirada alíquota de 8 mL do extrato armazenado, adicionando 2 mL de dicromato de potássio 0,066 mol L^{-1} , 10 mL de ácido sulfúrico P.A. e 5 mL de ácido ortofosfórico P.A., obedecendo esta ordem. Na sequência, foram adicionados 70 mL de água deionizada e em seguida 3 gotas da solução indicadora de difenil-amina, titulando-se as amostras com sulfato ferroso amoniacal 0,033 mol L^{-1} .

O cálculo da biomassa microbiana do solo é dado pela diferença de C encontrado na amostra irradiada e o C recuperado na amostra não irradiada, aplicando fator de correção de 0,45 (DE-POLLI; GUERRA, 1996), representados na seguinte equação:

$$Cmic = \frac{(CFI - CNFI)}{KC} \quad (02)$$

em que: Cmic = carbono presente na biomassa microbiana do solo; CFI = carbono presente na amostra irradiada; CNFI = carbono presente na amostra não fumigada ou não irradiada; KC = fator de correção.

2.5.2 Respiração Basal Acumulada (RBA)

Para a determinação da RBA as amostras foram levadas à incubadora sob temperatura de 25° C pelo período de 10 dias. Para esse procedimento, foram utilizados 50g de solo, passando em malha de 2 mm. As amostras tiveram sua umidade padronizada em 60%, sendo em seguida colocadas em potes plásticos de 2 L, juntamente com 10 mL de NaOH 1 mol L^{-1} e 10 mL de H_2O deionizada, com o intuito de manter a umidade das amostras durante o período de incubação.

Após o período de incubação foram retirados os frascos contendo NaOH, e imediatamente adicionados 2 mL de $BaCl_2$, a fim de completar a precipitação do CO_2 . Na sequência foram titulados com solução de HCl 0,5 mol L^{-1} ,

utilizando-se como indicador uma solução de fenolftaleína 1% (SILVA et al., 2007b).

2.5.3. Quociente metabólico

O quociente metabólico foi obtido pela razão entre RBA e unidade de CBM pelo tempo (ANDERSON; DOMSCH, 1993). Foi estimado dessa forma, o uso eficiente do substrato do solo pelos microrganismos, sendo um indicativo sensível ao estresse quando o CBM é afetado. O quociente metabólico é dado pela seguinte equação:

$$qCO_2 = \frac{RBA}{CBM} \quad (03)$$

em que: qCO_2 (quociente metabólico), CBM ($mg\ C.kg^{-1}\ solo.10^{-3}$) e RBA (respiração basal acumulada - $mg\ C-CO_2.kg^{-1}\ solo.h^{-1}$).

2.6. Tratamento dos dados e análises estatísticas

O experimento foi conduzido sob um delineamento de blocos casualizados em parcelas subdivididas, para fins de comparação dos tratamentos “clones” e “desbaste”. As parcelas são compostas pelos oito diferentes plantios clonais e o plantio semental, sendo suas subparcelas as áreas em que foi realizado o desbaste (D) e as áreas sem desbaste (SD).

Para comparação dos atributos químicos e microbiológicos do solo entre os tratamentos, as repetições foram correspondentes ao número de amostras simples e compostas utilizadas para as determinações analíticas. Para análises químicas foi utilizada uma amostra composta por subparcela. Para as análises microbiológicas foram consideradas seis repetições por área avaliada (desbaste e sem desbaste).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey (5% de significância), para comparação e teste de normalidade das médias (PIMENTEL-GOMES, 2009). As análises estatísticas foram realizadas com o emprego do software ASSISTAT, versão 7,5.

3. RESULTADOS

3.1. Atributos químicos do solo

Os resultados analíticos referentes à coleta realizada em agosto de 2016 são apresentados nas Tabelas 1 e 2. Os resultados analíticos referentes à coleta realizada em agosto de 2016 (Tabelas 1 e 2), mostram pH (CaCl₂) do solo variando entre 3,7 e 6,0. Em relação a saturação por bases (V%), tanto nas áreas com desbaste quanto nas áreas sem desbaste, seis subparcelas apresentaram saturação por bases acima de 50%. Os solos das demais subparcelas variaram em saturações por base entre 7 e 49%.

3.2. Atributos microbiológicos do solo

3.2.1. Respiração Basal Acumulada

Conforme a Tabela 3, houve algumas diferenças entre os diferentes materiais genéticos, mas não de maneira consistente, pois ocorreram várias mudanças em função do desbaste e da época do ano em que se fez a avaliação.

3.2.2. Carbono da Biomassa Microbiana

Comparando-se os valores de CBM no verão, entre as áreas com e sem desbaste (Tabela 4), observa-se que os clones H13 e GG100 mostram-se superiores na área com desbaste e o clone I-042 apresentou superioridade na área sem desbaste, enquanto que para os demais materiais genéticos não houveram diferenças no verão entre área com e sem desbaste.

No inverno, não foram identificadas diferenças nem entre materiais genéticos nem entre os tratamentos D e SD. E os valores de CBM foram menos variáveis e, em alguns casos, inferiores aos observados no verão.

3.2.3. Quociente metabólico

Sendo o quociente metabólico resultado da divisão da RBA pelo CBM, como houve pouca variação do CBM, as principais variações vistas no quociente metabólico (Tabela 5) foram em função das alterações observadas no RBA.

Tabela 1. Atributos químicos do solo na área com desbaste (Agosto – 2016).

Table 1. Chemical attributes of the soil in the thinning area (August - 2016).

Clones Sem Desbaste	pH CaCl ₂	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	SB	T	P	V
						cmol _c dm ⁻³		mg dm ⁻³		%
<i>E.grandis</i>	5,8	0	2,2	2,5	2,3	0,18	4,98	7,18	5,4	69,3
C219	5,6	0	2,3	2,2	2	0,1	4,3	6,6	6,1	65,1
I-042	5,4	0	3,1	1,1	0,9	0,08	2,08	5,18	4,3	40,1
1277	5,3	0	2,3	2	2	0,13	4,13	6,43	3,4	64,2
H13	3,8	0,8	4,7	0,4	0,3	0,12	0,82	5,52	1,7	14,8
GG100	3,7	0,5	5,4	1	0,9	0,09	1,99	7,39	0,9	26,9
UROCAM	3,7	0	3	0,8	0,6	0,06	1,46	4,46	2	32,7
I144	3,8	0,5	5,2	0,3	0,2	0,05	0,55	5,75	4	9,5
I224	4	0,2	3,6	0,7	0,7	0,03	1,43	5,03	2,2	28,4

Tabela 2. Atributos químicos do solo na área sem desbaste (Agosto – 2016).

Table 2. Chemical attributes of the soil in the whitout thinning area (August - 2016).

Clones Sem Desbaste	pH CaCl ₂	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	SB	T	P	V
						cmol _c dm ⁻³		mg dm ⁻³		%
<i>E.grandis</i>	5,7	0	2,1	1,9	2,1	0,04	4,04	6,14	3,4	65,8
C219	5,6	0	2,4	1,7	1,9	0,06	3,66	6,06	3,7	60,4
I-042	5,4	0	3	1,6	1,4	0,09	3,09	6,09	4	50,7
1277	4,7	0,1	5,2	2,4	2,5	0,1	5	10,2	1,6	49
H13	4,5	0,3	3,3	0,4	0,6	0,03	1,03	4,33	0,9	23,7
GG100	3,8	0,7	5,6	0,3	0,3	0,06	0,66	6,26	1,4	10,5
UROCAM	3,6	0,7	5,4	0,2	0,2	0,05	0,45	5,85	0,9	7,6
I144	3,7	0,7	5,6	0,5	0,6	0,05	1,15	6,75	0,6	17
I224	3,8	0,5	4,1	0,2	0,2	0,04	0,44	4,54	4,5	9,6

Atributos químicos e microbiológicos do solo em plantios clonais de eucalipto

Tabela 3. Respiração Basal Acumulada (RBA) nas áreas com e sem desbaste
Table 3. Basal Breathing Accumulated (RBA) in areas with and without thinning.

Clones	D		SD	
	Verão	Verão	Inverno	Inverno
-----mg C-CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹ solo-----				
<i>E. grandis</i>	0,55a A	0,29a B	0,13b B	0,26a A
1277	0,39a A	0,20b B	0,18a	0,16b
GG 100	0,53a	0,32a	0,26a	0,31a
C219	0,34a	0,30a	0,15a	0,24a
H13	0,46a	0,34a	0,12b B	0,40a A
I - 042	0,38a	0,26a	0,13b	0,21a
I - 224	0,30b	0,35a	0,26a	0,23a
UROCAM	0,38a	0,39a	0,12b	0,23a
I - 144	0,56a	0,40a	0,17a B	0,33a A

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os clones dentro de cada sistema de desbaste e letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os sistemas de desbastes, dentro de cada clone. (Verão-D com verão-SD; Inverno-D com inverno-SD).

Tabela 4. Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) nas áreas com e sem desbaste.
Table 4. Microbial Biomass Carbon (CBM) in the areas with and without thinning.

Clones	D		SD	
	Verão	Verão	Inverno	Inverno
-----mg C-CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹ solo-----				
<i>E. grandis</i>	206c	273b	211	214
1277	632b A	422a B	241	246
GG 100	452b A	121b B	272	271
C219	471b	564a	252	243
H13	990a A	221b B	250	254
I - 042	110d B	343b A	230	233
I - 224	170d	281b	212	204
UROCAM	360c	212b	261	243
I - 144	330c	391a	352	351

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os clones dentro de cada sistema de desbaste e letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os sistemas de desbastes, dentro de cada clone. (Verão-D com verão-SD; Inverno-D com inverno-SD).

Tabela 5. Quociente metabólico (qCO₂) nas áreas com e sem desbaste.
Table 5. Metabolic quotient (qCO₂) in the areas with and without thinning.

Clones	D		SD	
	Verão	Verão	Inverno	Inverno
-----mg C-CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹ solo-----				
<i>E. grandis</i>	2,67a A	1,07b B	0,62b B	1,24a A
1277	0,62c	0,48c	0,75a	0,67b
GG 100	1,18b B	2,67a A	0,96a	1,15a
C219	0,72c	0,54c	0,60b	1,00a
H13	0,46c B	1,55b A	0,48b B	1,60a A
I - 042	3,45a A	0,76b B	0,57b	0,91a
I - 224	1,76b	1,25b	1,24a	1,15a
UROCAM	1,06c	1,86a	0,46b	0,96a
I - 144	1,70b	1,03b	0,49b	0,94a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os clones dentro de cada sistema de desbaste e letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os sistemas de desbastes, dentro de cada clone. (Verão-D com verão-SD; Inverno-D com inverno-SD).

4. DISCUSSÃO

Nos solos sob quatro dos materiais genéticos (*E. grandis*, C219, I-042, I277), os valores de pH estão mais próximos da neutralidade, enquanto para os demais clones os valores de pH são mais baixos, indicando maior acidez. Aparentemente, são resultados de práticas de manejo do solo anteriores a este plantio, uma vez que 3 destes povoamentos se encontram lado a lado no campo (*E. grandis*, C219, I277). Além disso, o pH obtido nos materiais genéticos citados demonstrou valores de V% acima de 50%, o que sugere aplicações de calcário nestes solos em período prévio aos plantios de eucalipto. Assim, essas diferenças não poderiam ser atribuídas a um efeito dos materiais genéticos sobre as características químicas do solo, pois mudanças desta magnitude demandariam muitos anos de aporte de material

vegetal distinto para justificar tais diferenças na composição química do solo.

Em relação a saturação por bases (V%), tanto nas áreas com desbaste quanto nas áreas sem desbaste, seis subparcelas apresentaram saturação por bases acima de 50%, sendo considerados eutróficos. Os solos das demais subparcelas variaram em saturações por base entre 7 e 49%, sendo estes considerados distróficos, semelhante ao encontrado por Bellote et al. (2008) em experimento com Eucalipto sob diferentes manejos florestais, onde a maioria dos solos analisados possuíam V% abaixo de 50%.

Os teores de Ca⁺² variaram bastante nos materiais avaliados, de maneira que as áreas que apresentaram pH maior também apresentaram maiores teores de Ca, sendo fatores normalmente associados no solo. Os valores de

maneira geral ficaram próximos também entre áreas com e sem desbaste.

Para o Mg^{+2} , na maioria dos solos coletados, os valores ficaram bem próximos em áreas com e sem desbaste em cada clone, com as variações ocorrendo mais em função do local em que o material genético se encontrava dentro da área de execução do experimento. Foram obtidos valores considerados médios a altos na maioria dos casos, o que demonstrou que o solo não apresenta problemas em relação à liberação deste nutriente para as plantas, com valores bem próximos entre si de maneira que os solos dos clones 1277 (área com desbaste), C219 (área com desbaste) e o plantio semental *E. grandis* (ambas as áreas) apresentaram os maiores teores deste elemento, respectivamente. Teores baixos de Mg^{+2} foram obtidos somente nos solos dos clones UROCAM, GG100, I144 e I224.

As maiores diferenças de valores nos atributos do solo entre as áreas com desbaste e sem desbaste podem ser observadas para P. Neste caso, os valores variam entre 6,1 e 0,9 $mg\ dm^{-3}$ nos solos da área em que foi realizado o desbaste; e entre 4,5 e 0,6 nos solos das áreas sem desbaste, o que não necessariamente significa que seja efeito do desbaste, pela falta de tendências bem definidas em relação a estas diferenças entre as áreas.

Passados dois anos após a realização do desbaste, ainda não é possível afirmar que o desbaste influenciou nas características químicas do solo. Conforme ocorre o amadurecimento do ecossistema e das árvores, com as alterações no ambiente causadas pelo desbaste e no solo pela ciclagem biogeoquímica, provavelmente algumas modificações possam ocorrer nestas características, resultantes também do crescimento diferenciado das árvores nas áreas com e sem desbaste, o que geraria diferentes demandas nutricionais das árvores nos dois tratamentos (CUNHA et al., 2005).

Espera-se que desbastes, associados a técnicas de manejo adequadas, favoreçam a ciclagem dos nutrientes nos povoamentos de eucalipto, além de melhorar e manter a fertilidade dos solos com o passar do tempo e com o desenvolvimento das plantas e do ecossistema florestal (LEITE et al., 2005).

O que se mostrou consistente foi o efeito do desbaste para alguns materiais genéticos. No verão, o desbaste favoreceu a RBA para *E. grandis*, I277 e GG100 principalmente. O oposto aconteceu no inverno para *E. grandis*, H-13, UROCAM e I144, onde os valores de RBA foram superiores nas áreas SD. O porquê deste comportamento ter ocorrido para apenas alguns materiais genéticos precisa ser melhor investigado em um número maior de avaliações, assim como o efeito do desbaste em relação as épocas do ano. Com a realização do desbaste, intensificam-se alterações ambientais, como por exemplo, incidência de raios solares e aumento na temperatura no interior do ecossistema florestal devido a esta alteração no microclima da área, o que faz normalmente com que se intensifique a atividade microbiana e consequentemente a RBA (BRUN, 2008).

O efeito da época do ano sobre a RBA é evidente; observa-se para praticamente todos os materiais genéticos, tanto na área com ou sem desbaste, que a RBA foi maior durante o verão.

A maior RBA identificada para alguns materiais genéticos, no verão, nas áreas com desbaste (D), pode ser

explicada pela maior quantidade de serapilheira sobre os solos. Condição semelhante foi observada Assis Junior et al. (2003) em plantios de eucalipto em comparação com mata nativa, onde observaram-se valores maiores de respiração nas áreas com maior adição de material de serapilheira.

As condições de umidade e temperatura mais baixas no inverno costumam resultar em valores mais baixos de CBM, conforme já observado em outro trabalho (GAMA-RODRIGUES et al., 2005).

Gama-Rodrigues (1997), trabalhando no Sul da Bahia em diferentes coberturas vegetais, observou que o CBM influenciou decisivamente na fração do C do solo, principalmente devido à maneira como ocorre a ciclagem de nutrientes através da atividade microbiana, que apresenta intensas modificações ao longo do ano conforme a modificação das estações e das condições ambientais no ecossistema, como por exemplo quando da execução de práticas como o desbaste.

Avaliações sobre a biomassa microbiana servem como indicador sensível da atividade microbiana no solo, assim, valores maiores no verão e nas áreas com desbaste, identificam que possivelmente estas áreas tendem a apresentar valores maiores de produtividade e possível maior fertilidade com o passar do tempo, o que foi observado por Matsuoka et al. (2003) em situação semelhante, mas comparando culturas agrícolas anuais e perenes com vegetação nativa.

Conforme Rodrigues et al. (2010), atributos relacionados à microbiologia e à química do solo, junto com variáveis tanto macro quanto microclimáticas do ambiente são muitas vezes capazes de explicar variações na atividade microbiana.

Quando são comparadas as áreas com e sem desbaste, observa-se que não houve tendência clara do efeito do desbaste sobre os valores do qCO_2 . Também não se observam tendências claras em relação ao efeito dos diferentes materiais genéticos sobre os valores de quociente metabólico, com diversas variações ocorrendo entre as diferentes subparcelas.

Quando são comparadas as estações verão e inverno, tanto em área com quanto em área sem desbaste, observa-se uma tendência de valores mais elevados no verão, o que indica maior consumo de C e perdas de C no sistema nesta época na forma de CO_2 ; podendo este comportamento ser explicado pela presença de matéria orgânica sobre o solo com menor resistência ao ataque de microrganismos, nesta época do ano (FIERER et al., 2003).

O quociente metabólico serve de índice de avaliação das condições em que se encontram as perturbações sobre a atividade da biomassa microbiana. Por estabelecer relação entre a respiração basal e o carbono da biomassa microbiana, acaba por consequência estabelecendo relações entre velocidade da atividade microbiana e condições em relação a estes fatores no solo, o que faz com que também seja um indicador biológico da qualidade do solo (BARRETO et al., 2008).

Conforme Schlesinger (1995), há tendência de diminuição do quociente metabólico em sistemas mais estáveis, e também se observa que normalmente com a incorporação de resíduos no solo. Há uma tendência então inversa, de aumento deste, indicando que a presença de material de serapilheira mais lábil poderia elevar os valores do quociente metabólico, enquanto serapilheira em estágio mais

avançado de decomposição (mais estabilizada) teria um efeito contrário sobre este atributo microbiológico.

Os valores obtidos, para a maioria dos clones em ambas subparcelas, estão próximos dos poucos trabalhos na literatura em plantios florestais (GAMA-RODRIGUES et al., 2005; CARVALHO, 2011).

5. CONCLUSÕES

Os atributos químicos do solo não sofreram influência dos materiais genéticos ou do desbaste, sendo mais influenciados por manejo do solo anterior à presente rotação florestal.

A época do ano influenciou a maior parte dos atributos microbiológicos indicando maior atividade biológica no verão.

Não foi identificada influência do material genético sobre os atributos microbiológicos avaliados; mas o desbaste influenciou alguns deles, sem comportamento padrão, o que sugere necessidade de mais avaliações desta natureza em plantios de eucalipto.

6. REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient of CO₂ (q CO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental condition, such as pH, on the microbial of forest soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 3, p. 393-395, 1993. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(93\)90130-4](https://doi.org/10.1016/0038-0717(93)90130-4)
- ASSIS JUNIOR, S. L.; ZANUNCIO, J. C.; KASUYA, M. C. M.; COUTO, L.; MELIDO, R. C. N. Soil microbial activity in agroforest, monocultures, natural forest and deforested area systems. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 35-41, 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622003000100005>
- BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; FONSECA, S. Atividade microbiana, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em plantações de Eucalipto, em sequência de idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 611-619, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000200016>
- BELLOTE, A. F. G.; DEDECEK, R. A.; SILVA, H. D. Nutrientes minerais, biomassa e deposição de serapilheira em plantios de Eucalyptus com diferentes sistemas de manejo de resíduos florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 56, p. 31-41, 2008.
- BRUN, J. E. **Matéria orgânica do solo em plantios de Pinus taeda e P. elliottii em duas regiões do Rio Grande do Sul**. 2008. 114f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- CARTER, M. R. Microbial biomass as an index for tillage induced changes in soil biological properties. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 7, p.29-40, 1986. DOI: [https://dx.doi.org/10.1016/0167-1987\(86\)90005-X](https://dx.doi.org/10.1016/0167-1987(86)90005-X)
- CARVALHO, D. S. **Características da serapilheira e do solo sob florestas de coníferas e folhosas em Rio Negro, PR**. 2011. 45f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Paraná, 2011.
- CHAE, G. M.; TÓTOLA, 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**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1381-1396, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000600016>
- CUNHA, G. M.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; COSTA, G. S. Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no norte fluminense. **Revista Árvore**, v. 29, p.353-363, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622005000300002>
- DANTAS, V. A.; SILVA, V. P. R.; COSTA, A. C. L.; CHAGAS, G. F. B. Impactos da redução da pluviometria na biomassa aérea da Floresta Amazônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 1266-1274, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000100010>
- DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M. Biomassa microbiana: perspectiva para o uso e manejo do solo. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O Solo nos Grandes Domínios Morfoclimáticos do Brasil e o Desenvolvimento Sustentado**. Viçosa: SBCS. p. 551-56, 1996.
- DICKOW, K. M. C. **Ciclagem de fitomassa e nutrientes em sucessão secundária na Floresta Atlântica, Antonina, PR**. 2010. 215f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- EMBRAPA SOLOS. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Embrapa: Brasília, 2018. 355 p.
- FERREIRA, A. S.; CAMARGO F. A. O.; VIDOR, C. Utilização de micro-ondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 991-996, 1999. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06831999000400026>
- FIERER, N.; SCHIMMEL, J. P.; HOLDEN, P. A. Variations in microbial community composition through two soil depth profiles. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 35, n. 1, p. 167-176, 2003. DOI: [https://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00251-1](https://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00251-1)
- GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; SANTOS, G. A. Carbon, nitrogen and activity of microbial biomass in soil under eucalypt plantations. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 893-901, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000600007>
- GAMA-RODRIGUES, E. F. **Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo e da serapilheira de povoamentos de eucalipto**. 1997. 108f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – (INMET). **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>. Acesso em: 20 ago 2018.
- LACLAU, J. P.; JULIO C. R.; ALMEIDA, J. L.; GONCALVES, M.; SAINT-ANDRE, L.; VENTURA, M.; RANGER, J.; MOREIRA, R. Influence of nitrogen and potassium fertilization on leaf lifespan and allocation of above-ground growth in Eucalyptus plantations. **Tree Physiology**, Oxford, v. 29, p. 111-124, 2008. DOI: <https://dx.doi.org/10.1093/treephys/tpn010>
- LEITE, H. G.; NOQUEIRA, G. S.; CAMPOS, J. C. C.; SOUZA, A. L.; CARVALHO, A. Avaliação de um

- modelo de distribuição diamétrica ajustado para povoamentos de *Eucalyptus* sp. submetidos a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 271-280, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622005000200010>
- MARQUES, R.; MOTTA, A. C. V. Análise química do solo para fins de fertilidade. In: LIMA, R. M. (Org.). **Manual de diagnóstico da fertilidade e manejo dos solos agrícolas**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2003. P 81-102.
- MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p.425-433, 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000300004>
- MELE, P. M.; CARTER, M. R. Effect of climatic factors on the use of microbial biomass as an indicator of changes in soil organic matter. In: MULONGOY, K.; MERCKX, R. (Ed.) **Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture**. Chichester: John Wiley, 1993. 392 p.
- MONTEIRO, M. T.; GAMA-RODRIGUES, E. F. Carbon, nitrogen, and microbial biomass activity in different litter structures of a natural forest. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 5, p.819- 826, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000500004>
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ – Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2009. 451 p.
- RODRIGUES, B. D.; Martins, S. V.; Leite, H. G. Avaliação do potencial da transposição da serapilheira e do banco de sementes do solo para restauração florestal em área degradada. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 65-73, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000100008>
- SCHLESINGER, W. H. An overview of the carbon cycle. In: LAL, R.; KIBBLE, J.; LEVINE, E.; STEWART, B. A. (Ed.). **Advances in soil science: soils and global changes**. Boca Raton: CRC Press, 1995. p. 9-25.
- SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007a. 6 p. (Comunicado técnico, 98).
- SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal e do quociente metabólico do solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007b. 4 p. (Comunicado técnico, 99).
- VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um podzólico vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 35-42. 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832000000100005>
- VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M. V. Deposição de serapilheira e de macronutrientes em um povoamento de acácia negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Viçosa, v. 20, n. 2, p. 225-233, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/198050981848>