

Variação de propriedades físicas do solo e do crescimento de eucalipto em diferentes sistemas de manejo do solo⁽¹⁾

Samara Pozzan da Rocha⁽²⁾; Juliana Prevedello⁽³⁾; Dalvan José Reinert⁽⁴⁾; Frederico Dimas Fleig⁽⁵⁾; Breno Bevilaqua Heinz⁽⁶⁾; Cedinara Arruda Santana Morales⁽⁷⁾.

⁽¹⁾O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil.

⁽²⁾Mestranda do curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal; Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); Santa Maria, RS; samarapozzan@gmail.com; ⁽³⁾Pós-doutoranda do curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal; UFSM; ⁽⁴⁾Professor Titular do Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais; UFSM; ⁽⁵⁾Professor Adjunto do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais; UFSM; ⁽⁶⁾Graduando do curso de Agronomia; UFSM; ⁽⁷⁾Doutoranda do curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal; UFSM.

RESUMO: O uso do solo para atividades florestais causa alterações nas propriedades físicas do solo que podem ser benéficas ou não à produtividade florestal. O objetivo do estudo foi verificar a variação temporal de propriedades físicas do solo e do crescimento de *Eucalyptus grandis*, submetidos aos seguintes sistemas de manejo do solo: coveamento manual, escarificado, escarificado mais grade niveladora e enxada rotativa. A porosidade total, macroporosidade, microporosidade e densidade do solo foram obtidas pela metodologia descrita pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (1997), nas camadas de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m. A área basal foi determinada pela relação entre somatório das áreas transversais de cada unidade experimental e a área correspondente em hectares. O preparo do solo favoreceu o crescimento do eucalipto no seu estágio inicial de desenvolvimento, reduzindo seu efeito com o decorrer da idade das árvores. As alterações nas propriedades físicas foram maiores na camada superficial do solo e, ao longo do tempo, houve a tendência de reconsolidação do solo.

Termos de indexação: qualidade do solo; produtividade de eucalipto; sustentabilidade florestal.

INTRODUÇÃO

A preocupação das empresas do setor florestal em utilizar práticas de manejo do solo que garantam a sustentabilidade da produção das florestas e que sejam ambientalmente corretas, vem aumentando nos últimos anos (Chaer & Tótolá, 2007). Reichert et al. (2007) citaram que o estudo das propriedades físicas ao longo do tempo permite quantificar a magnitude e a duração das alterações causadas pelos diferentes sistemas de manejo do solo. Por serem parâmetros sensíveis, algumas propriedades físicas como a densidade e a porosidade do solo são importantes para estabelecer se o manejo adotado melhora ou degrada a qualidade do solo.

Nesse sentido, o conhecimento da qualidade edáfica permite manejar o solo para que funcione de

forma ótima no presente e que não seja degradado para o uso futuro. Por meio do monitoramento das mudanças na qualidade do solo, pode-se determinar se um conjunto de práticas de manejo do solo é sustentável (Tótolá & Chaer, 2002).

O conhecimento do efeito dos sistemas de manejo no solo é importante para inferir sobre o crescimento florestal. Gonçalves & Stape (2002) mencionaram que o crescimento inicial de florestas estabelecidas pelo método do cultivo mínimo geralmente é mais lento e heterogêneo do que o crescimento de florestas estabelecidas em cultivo mais intensivo do solo. Esse menor crescimento inicial pode ser atribuído ao fato de que no cultivo mínimo há menor disponibilidade de nutrientes para as mudas devido à decomposição mais lenta da serapilheira, aliada a imobilização de nutrientes por organismos decompositores. Porém, Gonçalves (1995) observou que, com o passar do tempo, o vigor e homogeneidade dos plantios com cultivo mínimo tendem a se restabelecer, podendo atingir níveis equivalentes àqueles observados no sistema de cultivo intensivo do solo.

Diante do exposto, o objetivo do estudo foi verificar as alterações em propriedades físicas de um Argissolo e no crescimento do *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, ao longo do tempo, em quatro métodos de preparo do solo, em Santa Maria, RS.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área experimental pertencente à Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (Fepagro Florestas), localizada no município de Santa Maria, RS (29°43' S e 53°47' W). O clima da região é o Cfa da classificação de Köppen, o qual corresponde ao clima subtropical úmido, sem estiagens (Moreno, 1961). As médias anuais de temperatura e precipitação de Santa Maria são 19°C e 1.769 mm, respectivamente (Maluf, 2000). O solo da área em estudo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico arênico (Embrapa, 2006), de textura

franco arenosa, com aproximadamente 165,5 g kg⁻¹ de argila, 195,7 g kg⁻¹ de silte e 638,7 g kg⁻¹ de areia, até a profundidade de 0,30 m (Prevedello, 2008).

O experimento foi instalado em novembro de 2006, por Prevedello (2008). O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso, com três blocos e quatro tratamentos: coveamento manual (CM), escarificado (Esc), escarificado mais grade niveladora (EG) e enxada rotativa (ER). O CM foi realizado com o auxílio de um trado, formando covas de 0,10 m de profundidade e 0,08 m de diâmetro. O Esc foi realizado com um escarificador de uma haste, até a profundidade de 0,30 m. Nos tratamentos EG e ER, a profundidade de revolvimento do solo foi de 0,10 e 0,20 m de profundidade, respectivamente. O plantio do *Eucalyptus grandis* foi feito com espaçamento de 3,0 x 2,0 m, sendo que cada unidade experimental com dimensão de 600 m² possuía 100 árvores.

As amostragens de solo foram realizadas em quatro épocas distintas: época 1, antes da aplicação dos tratamentos, com o objetivo de caracterizar a área experimental, e épocas 2, 3 e 4, aos três, doze e setenta e dois meses após o preparo do solo, respectivamente. Amostras de solo com estrutura preservada foram coletadas em cilindros metálicos de 0,06 m de diâmetro e 0,05 m de altura, nas camadas de solo de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m.

Para determinar a macroporosidade, porosidade total, microporosidade e densidade do solo, as amostras foram saturadas por capilaridade durante 24 horas, sendo posteriormente levadas à mesa de tensão, onde foram submetidas à tensão de sucção de 6 kPa. As amostras permaneceram na mesa de tensão até que se estabeleceu o equilíbrio entre a água retida da amostra e a sucção aplicada. Em seguida, as amostras foram colocadas na estufa a 105-110°C até peso constante, segundo a metodologia descrita pela Embrapa (1997).

Em novembro de 2007 e janeiro de 2013 foram medidos os diâmetros à altura do peito (dap) das árvores, com o uso de fita métrica. As medições foram feitas nas árvores centrais de cada unidade experimental, deixando bordadura dupla. A área basal por hectare (G) foi obtida por meio da relação entre somatório das áreas transversais (g) de cada unidade experimental e a área correspondente em hectares. A área transversal foi obtida por meio da seguinte expressão matemática (Finger, 1992):

$$g = \frac{\pi \cdot \text{dap}^2}{4}$$

Onde:

$\pi = 3,1416$;

dap = diâmetro a altura do peito.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, os efeitos dos

tratamentos foram analisados pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De modo geral, a densidade do solo aumentou com a profundidade (**Tabela 1**), corroborando com resultados encontrados por Veiga et al. (2007). O aumento da densidade do solo em profundidade pode ser devido à redução do teor de matéria orgânica, aumento da quantidade de argila e ao adensamento natural do solo proporcionado pelas camadas sobrejacentes (Reichert et al., 2007). Além disso, a menor densidade na camada superficial pode ser justificada pelo fato de que, na superfície, ocorrem com mais frequência os processos de umedecimento e secagem do solo, facilitando a recuperação da estrutura edáfica (Cavichiolo et al., 2005).

Após a aplicação dos tratamentos (época 2), o CM, o qual não recebeu revolvimento do solo, exibiu os maiores valores de densidade do solo, diferindo dos demais tratamentos, na camada de 0,00-0,10 m (**Tabela 1**). Entretanto, os valores encontram-se entre 1,20 a 1,80 Mg m⁻³, faixa considerada não restritiva ao crescimento radicular de culturas agrícolas para solos de textura arenosa (Brady, 1989). A menor densidade no Esc, EG e ER na camada de 0,00-0,10 m da época 2, refletiu o efeito do preparo do solo. Gonçalves & Stape (2002) citaram que o preparo do solo proporciona melhores condições para o estabelecimento e crescimento das plantas, como aumento do espaço poroso e a redução da densidade do solo, favorecendo a movimentação de água e as trocas gasosas no sistema solo-planta-atmosfera.

Nas épocas 3 e 4 da camada de 0,00-0,10 m, não ocorreu diferença entre os tratamentos para a densidade do solo. Para todas as épocas, não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos na camada de 0,10-0,20 m, o que sugere que os sistemas de manejo do solo não interferiram de forma significativa na densidade do solo nesta camada, como se pode verificar na **tabela 1**.

Ao longo dos anos, a densidade do solo apresentou maior variação na camada de 0,00-0,10 m. Para esta camada, pode-se averiguar que, decorridos 72 meses do preparo, ainda verifica-se diferença estatística com a época 1 para o Esc e ER (**Tabela 1**). Reinert (1998) citou que solos de textura média a arenosa possuem baixa resiliência, o que confere maior fragilidade para suportar as forças de degradação; porém, se manejados adequadamente se degradam e se recuperam mais rapidamente que os solos argilosos. Corroborando com os resultados obtidos no trabalho, uma vez que o preparo do solo apresentou baixo impacto.

Na camada de 0,00-0,10 m da época 2, os tratamentos CM e ER diferiram entre si em relação à macroporosidade, a qual foi maior no tratamento

ER. Este fato está relacionado com a menor densidade, menor microporosidade e maior porosidade total do solo, justificado pelo maior revolvimento do solo sofrido pelo tratamento ER. Na camada de 0,10-0,20 m, o CM exibiu os menores valores de macroporosidade, sendo estes abaixo do considerado crítico ($0,10 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$) por Vomocil & Flocker (1966). Para microporosidade, não foi constatada diferença estatística entre tratamentos para ambas as camadas estudadas (**Tabela 1**).

A porosidade total diminuiu com o aumento da profundidade do solo, coerente com o aumento da densidade do solo em profundidade (**Tabela 1**). Resultado semelhante foi observado por Laurindo et al. (2009).

Na época 2 constatou-se que, na camada de 0,00-0,10 m, a porosidade total do sistema sem revolvimento (CM) diferiu do com revolvimento (ER), com maiores valores para o ER, o que está relacionado ao menor valor de densidade do solo deste tratamento. A porosidade total das épocas 1 e 4 não diferiu entre si para o CM na camada de 0,00-0,10 m, sugerindo que houve certa reconsolidação do solo.

De acordo com a **tabela 2**, aos 12 meses de idade das árvores, a área basal apresentou diferença entre tratamentos, onde as árvores cultivadas sob o tratamento ER resultaram em maior crescimento quando comparado com as árvores submetidas ao CM. Barros et al. (2003) e Finger et al. (1996) também encontraram maior crescimento das árvores em sistemas de manejo com maior revolvimento do solo. Aos 74 meses após a implantação do experimento não ocorreu diferença estatística entre tratamentos para área basal por hectare. Esse resultado sugere que o efeito do manejo do solo sobre o crescimento do eucalipto é mais pronunciado nos primeiros anos, o que favorece o estabelecimento e desenvolvimento das mudas no estágio inicial de crescimento. Entretanto, esse efeito desaparece com o decorrer da idade das árvores, concordando com o descrito por Gonçalves (1995). Stape et al. (2002) também encontraram resultados similares ao comparar o crescimento do clone de *Eucalyptus grandis* x *Urophylla* em área com solo revolvido e não revolvido, em latossolo de textura média.

Tabela 2 – Área basal por hectare (G) de *Eucalyptus grandis*, aos 12 e 74 meses após a aplicação dos tratamentos, nos sistemas de preparo: coveamento manual (CM), escarificado (Esc), escarificado mais grade niveladora (EG) e enxada rotativa (ER), em Santa Maria, RS.

G	Sistemas de manejo do solo			
	CM	Esc	EG	ER
12 meses	0,31c*	0,59b	0,65b	1,09a
74 meses	23,7a	30,1a	30,0a	32,2a

*Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

CONCLUSÕES

O preparo do solo favorece o crescimento inicial do eucalipto, resultando em maior crescimento inicial das árvores no solo revolvido. Porém, com o passar dos anos, o efeito do sistema de preparo do solo no crescimento das árvores deixa de ocorrer.

As alterações nas propriedades físicas são maiores na camada superficial do solo e, ao longo do tempo, há tendência de reconsolidação do solo.

REFERÊNCIAS

BARROS, et al. Efeito do método de preparo do solo, em área de reforma, nas suas características, na composição mineral e na produtividade de plantações de *Eucalyptus grandis*. Revista *Árvore*, 27:635-646, 2003.

BRADY, N. C. The nature and properties of soils. 11.ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1989. 225 p.

CAVICHIOLO, S.R.; DEDECEK, R.A.; GAVA, J.L. Modificações nos atributos físicos de solos submetidos a dois sistemas de preparo em rebrota de *Eucalyptus saligna*. Revista *Árvore*, 29:571-577, 2005.

CHAEER, G. M.; TÓTOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânico durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 31:1381-1396, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPIS, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: EMBRAPA - Embrapa Produção de Informação, 2006. 412 p.

FINGER, C. A. G. Fundamentos da biometria florestal. Santa Maria: UFSM / CEPEF / FATEC, 1992. 269 p.

FINGER et al. Influência da camada de impedimento no solo sobre o crescimento de *Eucalyptus grandis* (Hill) ex Maiden. Ciência Florestal, 6:137-145, 1996.

GONÇALVES, J. L. M. Efeito do cultivo mínimo sobre a fertilidade do solo e ciclagem de nutrientes. In: SEMINÁRIO SOBRE CULTIVO MÍNIMO DO SOLO EM FLORESTAS, 1., Curitiba, 1995. Anais. Piracicaba: CNPFloresta, IPEF, UNESP, SIF, FUPEF, 1995. p. 43-62.

GONÇALVES, J. L. de M.; STAPE, J. L. Conservação e cultivo de solos para plantações florestais. 1. ed. Piracicaba: Instituto de pesquisas e Estudos Florestais – IPEF, 2002. 498 p.

LAURINDO, M. C. de O.; NÓBREGA, L. H. P.; PEREIRA, J. O.; et al. Atributos físicos do solo e teor de carbono orgânico em sistemas de plantio direto e cultivo mínimo. Engenharia na agricultura, 17:367-374, 2009.

MALUF, J. R. T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 8:141-150, 2000.

MORENO, J. A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da agricultura, 1961. 42 p.

PREVEDELLO, J. Preparo do solo e crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em Argissolo. 2008. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S. & REINERT, D.J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, efeitos, limites críticos e mitigação In: CERRETA, C.A.; SILVA, L.S. & REICHERT, J.M. Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.49-134.

REINERT, D. J. Recuperação de solos em sistemas agropastoris. In: DIAS, L. E.; VARGAS, J. W. M. Recuperação de áreas degradadas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p. 163-176.

STAPE, J.L. et al. Definição de métodos de preparo do solo para silvicultura em solos coesos no litoral norte da Bahia. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L., Conservação e cultivo de solos para plantações florestais. 1 ed. Piracicaba: IPEF, 2002. p.259-296.

TÓTOLA, M., R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; et al. Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p. 195-276.

VEIGA, M. da. HORN, R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Soil compressibility and penetrability of an Oxisol from southern Brazil, as affected by long-term tillage systems. *Soil & Tillage Research*, 92:104-113, 2007.

VOMOCIL, J.A.; FLOCKER, W.J. Effect of soil compaction on storage and movement of soil, air and water. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 4:242-246, 1966.

Tabela 1 – Densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total para os tratamentos coveamento manual (CM), escarificado (Esc), escarificado mais grade niveladora (EG) e enxada rotativa (ER), nas profundidades de 0,00-0,10 e 0,10-0,20 m, em Santa Maria, RS.

Época ¹	Manejo				Média	Época	Manejo				Média
	CM	Esc	EG	ER			CM	Esc	EG	ER	
Densidade do solo (Mg m⁻³)						Microporosidade (m³m⁻³)					
Camada de 0,00-0,10 m						Camada de 0,00-0,10 m					
1	1,52aA*	1,48aA	1,43aA	1,45aA	1,47A	1	0,31aA	0,31aA	0,30aA	0,28aA	0,30A
2	1,50aAB	1,29bAB	1,26bA	1,25bB	1,33B	2	0,27aA	0,25aA	0,23aA	0,24aA	0,25BC
3	1,30aB	1,26aB	1,30aA	1,15aB	1,25C	3	0,28aA	0,26aA	0,26aA	0,29aA	0,27AB
4	1,38aAB	1,24aB	1,32aA	1,19aB	1,29BC	4	0,24aA	0,22aA	0,21aA	0,23aA	0,24C
Média	1,43a	1,32b	1,33b	1,26b		Média	0,28a	0,26a	0,25a	0,26a	
Camada de 0,10-0,20 m						Camada de 0,10-0,20 m					
1	1,57aA	1,56aA	1,53aA	1,53aA	1,55A	1	0,27aA	0,27aA	0,25aA	0,25aA	0,26A
2	1,58aA	1,37aA	1,32aA	1,53aA	1,45AB	2	0,25aA	0,24aA	0,23aA	0,24aA	0,24B
3	1,50aA	1,39aA	1,40aA	1,50aA	1,45AB	3	0,27aA	0,25aA	0,27aA	0,25aA	0,26A
4	1,43aA	1,29aA	1,38aA	1,46aA	1,39B	4	0,25aA	0,24aA	0,23aA	0,23aA	0,23B
Média	1,52a	1,40a	1,41a	1,50a		Média	0,26a	0,25a	0,25a	0,24a	
Macroporosidade (m³m⁻³)						Porosidade total (m³m⁻³)					
Camada de 0,00-0,10 m						Camada de 0,00-0,10 m					
1	0,10aA	0,11aA	0,14aA	0,14aA	0,12B	1	0,41aAB	0,42aA	0,44aA	0,42aA	0,42B
2	0,10bA	0,20abA	0,24abA	0,27aA	0,20A	2	0,37bB	0,45abA	0,47abA	0,51aA	0,45AB
3	0,21aA	0,23aA	0,18aA	0,23aA	0,21A	3	0,49aA	0,49aA	0,44aA	0,53aA	0,49A
4	0,22aA	0,25aA	0,23aA	0,30aA	0,25A	4	0,46aAB	0,46aA	0,44aA	0,53aA	0,47A
Média	0,15b	0,20ab	0,20ab	0,24a		Média	0,43b	0,46b	0,45b	0,50a	
Camada de 0,10-0,20 m						Camada de 0,10-0,20 m					
1	0,12aA	0,09aA	0,14aA	0,13aA	0,12A	1	0,38aA	0,37aA	0,39aA	0,38aA	0,38A
2	0,07aA	0,18aA	0,22aA	0,11aA	0,15A	2	0,33aA	0,42aA	0,45aA	0,36aA	0,39A
3	0,07aA	0,14aA	0,12aA	0,10aA	0,11A	3	0,34aA	0,40aA	0,39aA	0,36aA	0,37A
4	0,13aA	0,19aA	0,18aA	0,17aA	0,17A	4	0,38aA	0,43aA	0,41aA	0,40aA	0,40A
Média	0,10b	0,15ab	0,17a	0,13ab		Média	0,37b	0,41ab	0,41a	0,37ab	

*Médias seguidas de letras iguais, sendo minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

¹ Época 1: antes da aplicação dos tratamentos; épocas 2, 3 e 4: três, doze e setenta e dois meses após a aplicação dos tratamentos. Resultados das épocas 1, 2 e 3 foram obtidos por Prevedello (2008).