



Densidade do solo em áreas de Eucalipto cultivadas mecanicamente.

**Jonas Akenaton Venturini Pagassini⁽¹⁾; Reginaldo Barboza da Silva⁽²⁾; Piero Iori⁽³⁾;
Ricardo Nakamura⁽⁴⁾; Marília de Souza Bento⁽⁵⁾.**

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; Registro, São Paulo; amandasa_2@hotmail.com; ⁽²⁾ Professor do curso de Agronomia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bolsista produtividade do CNPq; ⁽³⁾ Professor do curso de Agronomia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; ⁽⁴⁾ Engenheiro Agrônomo, Agronomia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; ⁽⁵⁾ Estudante de Agronomia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

RESUMO: A mecanização é uma das principais causas da degradação dos solos florestais, uma vez que, em razão do tráfego de veículos pesados, há o aumento da densidade do solo e a compactação do solo. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a densidade do solo influenciada por diversas operações agrícolas na cultura do Eucalipto.

Definiram-se como área experimental, dois talhões produtores de Eucalipto com manejos mecanizados. Foram retiradas amostras superficiais (0 a 10 cm) e subsuperficiais (20 a 30 cm) em um Latossolo Vermelho e um Argissolo Vermelho-Amarelo, em dois locais diferentes para avaliação das operações agrícolas que foram: Linha de Plantio e Linha de Tráfego. Observou-se que os maiores impactos sobre densidade do solo nas duas classes de solo provêm do intenso uso agrícola mecanizados. Os fatores classe de solo e operação agrícola foram os fatores individuais que mais causaram influência nos valores de densidade do solo. O Argissolo apresentou maior degradação da estrutura em relação ao Latossolo. As operações de colheita e baldeio do eucalipto aumentam significativamente a densidade do solo.

Termos de indexação: compactação do solo, degradação do solo, estrutura do solo.

podem ser prejudicadas (Håkansson, 1988; Wiermann et al., 2000). O aumento gradual da densidade, decorrente da contínua ação do tráfego agrícola, está diretamente relacionado à diminuição da porosidade do solo. Esse fenômeno pode ser constatado em cultivo de eucalipto e florestais. Tal ação sobre o solo pode influenciar significativamente a produção agrícola (Pezioni Filho et al., 2014; Constantini, 1995).

É indicado por Reichert et al. (2007), que certas máquinas e operações podem ser as maiores causadoras da densidade do solo em um sistema agrícola, em decorrência do alto peso dessas máquinas sobre o solo. É o caso da máquina de Baldeio Forward, que somado ao peso do material colhido, apresenta peso bem elevado, na maioria dos casos superando capacidade de suporte do solo. Para Alakukku & Elonen (1995), além da elevada densidade do solo após o tráfego de máquinas agrícolas, pode ser percebida redução da macroporosidade, o que pode aumentar significativamente os processos erosivos no solo.

Desse modo, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a densidade do solo em um Latossolo Vermelho e de um Argissolo Vermelho-Amarelo influenciada por diversas operações agrícolas na cultura do Eucalipto.

INTRODUÇÃO

A cultura do eucalipto é uma das florestas mais expressivas da atualidade (Rieff et al., 2010). A produção de eucalipto tem se expandido para regiões como sul e sudeste brasileiro, demonstrando alta demanda da indústria de celulose (Santana et al., 2008). Assim a mecanização agora é parte integrante do cenário das operações florestais, pois o desenvolvimento de técnicas e métodos aplicáveis às operações de corte e extração de madeira estão conduzindo a produção florestal na direção de sistemas cada vez mais mecanizados e com aumento do grau de automação (Silva, 2003).

O tráfego de máquinas propicia maior compactação do solo, isto é, quando o solo é sujeito a uma grande tensão, seu volume espacial diminui e, desse modo, as propriedades e funções do solo

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em áreas produtoras de Eucalipto da empresa Suzano Papel e Celulose, no município de Itararé – SP. O clima da região, de acordo com Köppen, é o Cfa, temperado úmido, sem estação seca definida, com temperatura média anual de 19,4°C e precipitação pluvial média anual de 1415 mm.

Foram definidos, como área experimental, dois talhões produtores de eucalipto, com manejos mecanizados. Coletou-se amostras deformadas e indeformadas, nas camadas superficiais (0 a 10 cm) e subsuperficiais (20 a 30 cm), em um Latossolo Vermelho (com densidade de partícula de 2,43 Mg m⁻³, textura argilosa, com 37% de argila, 28% de areia e 35% de silte), em um Argissolo Vermelho-Amarelo (com densidade de partícula de 2,50 Mg m⁻³



³, textura argilosa, com 37% de argila, 31% de areia e 32% de silte) e em diferentes locais para avaliação das diferentes operações agrícolas. Os locais de amostragem para avaliação do impacto das operações agrícolas foram: Linha de Plantio, Linha de Tráfego, Linha de Tráfego após a operação de colheita e Linha de Tráfego após a operação de Baldeio com Forward. Para a coleta das amostras indeformadas foi utilizado o amostrador Uhland com anel volumétrico. As amostras deformadas foram coletadas com o auxílio de um trado holandês e acondicionadas em sacos plásticos. As análises foram realizadas no Laboratório de Física e Mecânica do Solo da Universidade Estadual Paulista, Campus de Registro.

A análise granulométrica das classes de solo foi determinada pelo método da pipeta, de acordo com os procedimentos descritos em Day (1965). A densidade do solo (Ds) foi determinada de acordo com os procedimentos descritos em Embrapa (2011), pelo método do anel volumétrico. A densidade de partícula (Dp) foi determinada pelo método do balão volumétrico (Embrapa, 2011). Para tais procedimentos, foram utilizadas três repetições.

A sistematização dos dados foi feita por planilhas eletrônicas desenvolvidas especificamente para o estudo, as quais são compatíveis com softwares e sistemas operacionais existentes no mercado. Utilizando o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2000), os dados foram inicialmente avaliados pela análise de variância e teste F, considerando as classes de solo, camadas de solo e locais de amostragem como fatores de variação. A comparação entre as médias, quando o valor de F foi significativo, foi feita pelo teste de Scott & Knott (1974), a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **tabela 1** apresenta o resumo da análise de variância dos dados de densidade do solo para duas classes de solo, duas camadas de solo e quatro operações agrícolas. É possível verificar que dentre os fatores estudados, bem como, suas interações, o fator classe de solo foi o fator que mais causou influência nos valores de densidade do solo. Esta observação é possível, devido ao alto valor de F. Este resultado é devido às grandes diferenças pedogenéticas e, consequentemente, morfológicas, existentes entre o Argissolo e o Latossolo. A operação agrícola também foi um forte fator que contribuiu para a variação significativa dos dados de densidade do solo. Além disso, é possível evidenciar que apenas o fator camada de solo e a interação

classe de solo com camada de solo, não foram significativas ao teste F.

A **tabela 2** refere-se aos valores médios de densidade do solo para as diferentes operações agrícolas, em diferentes classes de solo, em superfície e subsuperfície, resultado da interação tripla significativa. Verificou-se que tanto no Argissolo quanto no Latossolo, as operações agrícolas que mais impactaram o solo foram a colheita e a operação de baldeio, as quais resultaram em maior densidade de solo, tanto em superfície como em sub superfície. Esse fenômeno pode ser atribuído ao elevado peso das máquinas utilizadas. Pezzoni Filho et al. (2014) constataram o mesmo efeito para a cultura florestal, em que o tráfego de máquinas agrícolas aumentou a densidade do solo no cultivo de eucalipto.

Independente dos fatores analisados verificou-se que as camadas superficiais do solo se comportaram de maneira semelhantes às camadas subsuperficiais.

Quando a comparação ocorreu entre classes de solo, foi possível verificar que na linha de plantio, independentemente da camada de solo analisada, os valores de densidade do solo para Argissolo e para o Latossolo foram semelhantes. Por outro lado, nas áreas trafegadas (linha de tráfego antes da colheita, linha de tráfego após a colheita e linha de tráfego após operação de baldeio) o Argissolo apresentou valores de densidade do solo significativamente maiores em relação ao Latossolo.

Após a análise de interação tripla (**tabela 2**), foi efetuada a comparação dos valores médios de densidade do solo para as classes de solo, no qual pode ser observada na **tabela 3**. O Latossolo apresentou menores valores de densidade do solo em relação ao Argissolo, demonstrando que o Latossolo apresentou menor impacto das operações agrícolas ocorridas nas áreas com eucalipto.

A **tabela 4** apresenta a comparação entre camadas de solo. É possível verificar comportamento homogêneo entre as camadas do solo. O que pode ter influenciado neste resultado é o fato das camadas de solo terem sido revolvidas com a aração e gradagem na implantação da cultura do eucalipto. Carvalho Júnior (1995) informa que práticas de manejo tais como preparo do solo podem ocasionar alterações físicas do solo homogêneas entre os locais.

São apresentados na **tabela 5** os valores médios de densidade do solo para as diferentes operações agrícolas no cultivo do eucalipto. É possível verificar a presença de dois grupos para os resultados de densidade do solo. O primeiro grupo, com valores mais reduzidos de densidade ocorreram na linha de plantio e na linha de tráfego. Porém, quando as operações de colheita e baldeio ocorreram, os



valores de densidade do solo foram incrementados. Vale salientar que estas duas operações resultaram em valores semelhantes de densidade do solo. Esses impactos podem ser atribuídos ao contínuo uso de máquinas utilizadas, como aponta Constantini (1995).

CONCLUSÕES

Os fatores classe de solo e operação agrícola foram os fatores individuais que mais causaram influência nos valores de densidade do solo.

O Argissolo Vermelho-Amarelo apresentou maior degradação da estrutura em relação ao Latossolo Vermelho.

As operações de colheita e baldeio do eucalipto aumentam significativamente a densidade do solo.

AGRADECIMENTOS

À Suzano papel e Celulose, pela disponibilidade das áreas experimentais e demais suportes à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALAKUKKU, L.; ELONEN, P. Long-term effects of a single compaction by heavy field traffic on yield and nitrogen uptake of annual crops. *Soil and Tillage Research*, 36:141-152, 1995.

CARVALHO JÚNIOR, I. A. Estimativas de parâmetros sedimentológicos para estudo de camadas compactadas e/ou adensadas em Latossolo de textura média, sob diferentes usos. Universidade Federal de Viçosa, 1995. 83p. Tese de Mestrado.

CONSTANTINI, A. Impacts of pinus plantation management on selected physical properties of soils in the coastal lowlands of southeast. *Commonwealth Forestry Review*, 74:211-223, 1995.

DAY, P. R. Particle fractionation and particle size analysis. *American Society of Agronomy, Madison*, 1:545-566, 1965.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Embrapa, 2011.

FERREIRA, D. F. Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas. Lavras: UFLA, 2000.

HÅKANSSON, I; VOORHEES, W. B.; RILEY, H. Vehicle and wheel factors influencing soil compaction and crop response in different traffic regimes. *Soil and tillage research*, 11:239-282, 1988.

PEZZONI FILHO, J. C.; FENNER, P. T.; LANÇAS, K. P.; et al. Compactação de um cambissolo háplico causada pela extração florestal com trator skidder. *Cerne*, 20:199-208, 2014.

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. *Tópicos em ciência do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 5:49-134, 2007.

RIEFF, G. G.; MACHADO, R. G.; STROSCHIN, M. R. D.; et al. Diversidade de famílias de ácaros e colêmbolos edáficos em cultivo de eucalipto e áreas nativas. *Revista Brasileira de Agrociência*, 16:57-61, 2010.

SANTANA, R C.; BARROS, N. F de;. LEITE, H.G. et al. Estimativa de biomassa de plantios de eucalipto no Brasil. *Revista Árvore*, 32:697-706, 2008.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. Accounter analysis methods for grouping means in the analysis of variants. *Biometrics*, Washington, 30:507-512, 1974.

SILVA, J. R. da. Compactação do solo causada pelo tráfego de máquinas na colheita de madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. Universidade Estadual Paulista, 2003. 153p. Tese de Doutorado.

WIERMANN, C.; WERNER, D.; HORN, R.; et al. Stress/strain processes in a structured unsaturated silty loam Luvisol under different tillage treatments in Germany. *Soil and Tillage Research*, 53:117-128, 2000.



Tabela 1. Resumo da análise de variância para a densidade do solo para as diferentes fontes de variação do estudo.

Fontes de variação	Fc	Pr>Fc
Classe de solo (S)	34,887	0,0000
Camada de solo (C)	0,021	0,8864
Operação agrícola (O)	31,248	0,0000
S x C	0,051	0,8223
S x O	13,712	0,0000
C x O	8,300	0,0003
S x C x O	4,081	0,0146

Tabela 2. Valores médios de densidade do solo (g dm^{-3}) para diferentes operações agrícolas, em duas classes de solo e duas camadas de solo.

Operação agrícola	Argissolo		Latossolo	
	Superficial	Subsuperficial	Superficial	Subsuperficial
Linha de plantio	1,03 Aa α	1,05 Aa α	1,00 Aa α	0,97 Aa α
Linha do rodado	1,15 Bb α	1,22 Bb α	0,96 Aa α	1,09 Ba α
Depois da colheita	1,38 Cb α	1,36 Cb α	1,25 Ba α	1,15 Ba α
Baldeio Forward	1,40 Cb α	1,33 Cb α	1,26 Ba α	1,28 Ca α

Letras maiúsculas comparam operação agrícola, letras minúsculas comparam classes de solo e letras gregas comparam camadas de solo, pelo teste de Scott & Knott ($p < 0,05$).

Tabela 3. Valores médios de densidade do solo (g dm^{-3}) para diferentes operações agrícolas, em duas classes de solo e duas camadas de solo.

Classe de solo	Densidade do solo (g dm^{-3})
Argissolo	1,24 B
Latossolo	1,12 A

Tabela 4. Valores médios de densidade do solo (g dm^{-3}) para diferentes operações agrícolas, em duas classes de solo e duas camadas de solo.

Camada de solo	Densidade do solo (g dm^{-3})
Superfície	1,24 B
Subsuperfície	1,12 A

Tabela 5. Valores médios de densidade do solo (g dm^{-3}) para diferentes operações agrícolas, em duas classes de solo e duas camadas de solo.

Operação agrícola	Densidade do solo (g dm^{-3})
Linha de plantio	1,09 A
Linha do rodado	1,07 A
Depois da colheita	1,29 B
Baldeio Forward	1,27 B