

NÚMERO IDEAL DE AMOSTRAS PARA AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO EM ÁREA SOB CULTIVO DE EUCALIPTO E MATA NATIVA

KATHLEEN FERNANDES^{1*}; ADRIANA APARECIDA RIBON²;
CLARICE BACKES²; LEONARDO RODRIGUES BARROS³;
ALESSANDRO JOSÉ MARQUES SANTOS⁴; AMANDA
ROMEIRO ALVES⁵; YURI LUIZ AUGUSTO DOS SANTOS⁶

Recibido: 20/5/2020

Recibido con revisiones: 21/8/2020

Aceptado: 10/4/2021

RESUMO

A resistência do solo à penetração (RP) é um atributo físico utilizado para quantificar a compactação do solo e a população amostral influenciar na média representativa, induzindo erros. O objetivo do trabalho foi avaliar a RP em Latossolo Vermelho distrófico sob mata nativa e eucalipto. Foram realizadas amostras ao acaso em grupo de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95 e 100 a cada 0,10 m do solo até a camada de 0,6 m. Foram calculados os valores médios da RP, o intervalo de confiança e a exatidão da estimativa (D), a 0,05 de significância. Nas condições de estudo foi possível observar que a população apresenta alta confiabilidade, com erros abaixo de 10% e que na área cultivada o número de amostras necessários para avaliação da RP é maior que para o solo sob mata.

Palavras-chave: Penetrometria, Amostragem, Latossolo.

OPTIMAL NUMBER OF SAMPLES FOR EVALUATION OF SOIL RESISTANCE TO PENETRATION IN AREA UNDER CULTIVATION OF EUCALYPTUS AND NATIVE FOREST

ABSTRACT

Soil resistance to penetration (RP) is a physical attribute used to quantify soil compaction and the influence of the average representative sample population, causing errors. The objective of this work was to evaluate the RP in distrófico red Latosol under native forest

¹ Doutoranda, Universidade Estadual Paulista

² Professora, Universidade Estadual de Goiás

³ Professor, Universidade do Estado de Mato Grosso

⁴ Professor, Universidade Estadual de Goiás

⁵ Universidade Federal do Rio Grande do Sul

⁶ Mestre, Universidade Estadual de Goiás

* Autor de contacto: klfagronomia@gmail.com



and eucalyptus. Random samples were conducted in groups of 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95 and 100 every 0.10 m from the ground up to 0.6 m layer. Average values were calculated from the RP, the confidence interval and the accuracy of the estimate (D), the significance of 0.05. Under the conditions of study it was possible to observe that the population has high reliability, with errors below 10% and that in cultivated area the number of samples needed for evaluation of the RP is greater than to the ground under the Woods.

Keywords: Penetrometria, Amostragem, Latossolo.

INTRODUÇÃO

As expansões de novas fronteiras agrícolas e a utilização de novas tecnologias, provocam, modificações prejudiciais nas propriedades físicas do solo (Weirich Neto *et al.*, 2006). O manejo inadequado é o principal responsável pelo aumento da resistência do solo à penetração, ao causar o rearranjo estrutural das partículas, prejudica o desenvolvimento das raízes. Como forma de controle da qualidade física do solo, a resistência do solo à penetração deve ser monitorada periodicamente, impedindo grandes índices de compactação do solo (Tavares Filho & Ribon, 2008).

Todavia para amostragem do solo deve-se considerar a variabilidade dos atributos físicos, visto que o número de amostras influencia nos resultados finais, podendo induzir a resultados errôneos e a manejos inadequados. Para o produtor, a menor população amostral é mais interessante devido ao baixo custo, porém, para o pesquisador quanto maior a população amostral maior a probabilidade de acerto nas relações da causa do efeito (Clay *et al.*, 1999). Desta forma deve-se chegar ao número ideal de amostras de modo a representar a área e que não seja oneroso, estabelecendo boa relação custo benefício.

Segundo Souza *et al.* (2006), a variabilidade espacial dos solos vem desde sua formação até o ponto de equilíbrio dinâmico ser estabelecido, tornando-o um sistema heterogêneo e imprescindível. Pesquisas que informam o número de ideal para amostragem da resistência do solo à penetração são escassas e as repetições em campo são muito variáveis, podendo haver repetições insuficientes, induzindo resultados duvidosos quanto o grau de compactação (Tavares Filho & Ribon, 2008). A resistência do solo à penetração é um dos parâmetros físicos mais empregados para classificar a compactação dos solos devido à facilidade do equipamento e baixo custo para a amostragem.

A amostragem para quantificação da resistência do solo à penetração pode ser realizada de duas maneiras: ao acaso e de forma sistemática. A amostragem ao acaso é aquela em que a população é obtida sem critério de localização dos pontos. E a amostragem sistemática há um plano criterioso, em que a coleta é feita seguindo uma rede de pontos com distâncias previamente definidas. Para Petersen & Calvin (1965), a amostragem sistemática é mais rigorosa pois não há influência do amostrador. Entretanto Tavares Filho & Ribon (2008), ao



estudarem as duas metodologias observaram que para determinação do número ideal de amostras de resistência do solo à penetração em Latossolo Vermelho eutrófico a metodologia amostral não influenciou no número ideal de amostras.

Para a determinação do número ideal de amostras para representação dos atributos do solo usa-se o conceito do volume elementar representativo que, de acordo com Bear (1972), é o volume de solo que contém a representação máxima das variações microscópicas que ocorrem nas formas e proporções do sistema. Diversas pesquisas usam o conceito para quantificar os atributos físicos dos solos (Lauren *et al.*, 1988; Bechter *et al.*, 1994; Mallans *et al.*, 1997; Tavares Filho & Ribon, 2008).

De acordo com Souza (1992), o número mínimo de amostras é determinado ao se coletar ao acaso as amostras, analisá-las, calcular os coeficientes de variação, achar os valores do teste t correspondente ao número de graus de liberdade do quadrado médio residual, estabelecer a diferença permitida em torno da média e determinar o número mínimo de amostras individuais a serem coletadas em amostragens futuras.

Devido à grande variabilidade dos solos são necessárias inúmeras pesquisas que calculem o número mínimo para estimar as propriedades físicas do solo, a fim de estabelecer um critério de amostragem com maior acurácia, permitindo extrair conhecimentos representativos da área com segurança. Neste contexto, o presente estudo tem o objetivo de verificar a variação dos

valores de resistência do solo à penetração em resposta ao número de repetições em Latossolo Vermelho distrófico sob mata nativa e sob plantio de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) após dois anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Fazenda Primavera situada no município de Palmeiras de Goiás-Go, com uma área total de 19 ha, no ano de 2013. Com clima tipo Aw (clima tropical com estação seca de inverno). O solo da área foi classificado seguindo os padrões do SiBCS (EMBRAPA, 2013) como Latossolo Vermelho distrófico. Os estudos foram realizados sob mata nativa e sob plantio de eucalipto por dois anos.

A amostragem foi realizada ao acaso. Na área de eucalipto a análise de resistência do solo à penetração foi realizada na entrelinha da cultura seguindo um padrão linear e na mata nativa, devido a densidade da flora, não houve padrão, especializando as amostras em aproximadamente 10 metros, a fim de minimizar a influência do amostrador.

A resistência do solo à penetração foi determinada com o penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar/Stolf, nas camadas de 0-0,10 m; 0,10-0,20 m; 0,20-0,30 m; 0,30-0,40 m; 0,40-0,50 m e 0,50-0,60 m. O número de impactos dm^{-1} foi transformado em resistência dinâmica (MPa) ou seja, RP ($\text{kgf cm}^{-2} = 5,6 + 6,89 \text{ N (impactos dm}^{-1})$), e para converter a RP em kgf cm^{-2} para MPa, multiplicou-se o resultado obtido pela



constante 0,098, segundo a metodologia de Stolf (1991),

Os pontos para a análise de penetrometria foram realizados por volume de amostras, sendo considerado por volume amostral o seguinte número de pontos para toda área em cada amostragem: 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100 para cada camada. Os pontos coletados partem do princípio que quanto maior o número de repetições menor a variabilidade do valor representativo da propriedade estudada.

Para todas as profundidades foi determinado o número ideal de amostras por meio da fórmula proposta por Petersen & Calvin (1965): $n = (t_{\alpha}^2 \times S^2)/D^2$, em que n = número de amostras; t = valor da tabela de distribuição "t" em função do nível de significância (α) e do número de graus de liberdade com que se estimou a variância amostral; S = desvio padrão da amostra; D = produto da média (m) pela percentagem de variação em torno da média.

Para todas as camadas foram determinados os valores médios de resistência do solo à penetração e intervalo de confiança e a precisão da estimativa (D) das médias de penetrometria por meio da teoria estatística clássica, levando em consideração o número de amostras (n) e o desvio de padrão da amostra (S). O nível de significância foi de 0,05. O número de amostras de resistência do solo à penetração foi coletado em área total avaliada (19 ha) e posteriormente transformado para 1 ha.

No momento da penetrometria foi coletada amostras para determinação da umidade gravimétrica em todas as camadas avaliadas, em três pontos ao longo de 1 ha, conforme **Tabela 1**.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na **Tabela 1** podem-se observar os valores médios da umidade gravimétrica do solo. Observa-se que na mata a umidade é maior que na área de cultivo de eucalipto em todas as profundidades, provavelmente devido a densidade arbórea e quantidade de matéria orgânica (MO) depositada na superfície, contribuindo para baixas médias de resistência do solo à penetração e para maior homogeneidade da área.

Verifica-se pela **Figura 1** os valores médios da resistência do solo à penetração do Latossolo Vermelho distrófico e seus respectivos desvio padrões em função do tamanho da população amostral de 2 a 100 nas diferentes camadas avaliadas sob mata nativa. Observa-se que até $n=40$ houve grande variabilidade nas médias para todas as camadas, principalmente até $n=20$. A estacionalidade foi atingida a partir de $n=40$ pontos amostrais para análise correta da média de resistência do solo à penetração, a partir do qual as médias se repetem, para área total de estudo. Ao realizar os cálculos para 1 ha, a intensidade amostral representativa foi de 2 pontos. Para as condições de estudo, há relação entre o número de amostras e a resistência do solo à penetração.



Tabela 1. Umidade do Latossolo Vermelho distrófico sob mata nativa e plantio de eucalipto, determinado no momento de realização da penetrometria de impacto. Palmeiras de Goiás, 02/2014.

Table 1. Moisture of Latossolo Vermelho dystrophic on native bush and eucalyptus plantation, determined not moment of realization of impact penetrometry. Palmeiras de Goiás, 02/2014.

Área	Camadas	Umidade
	m	kg kg ⁻¹
Mata Nativa	0-0,10	0,33
	0,10-0,20	0,30
	0,20-0,30	0,28
	0,30-0,40	0,27
	0,40-0,50	0,25
	0,50-0,60	0,25
Eucalipto	0-0,10	0,18
	0,10-0,20	0,23
	0,20-0,30	0,21
	0,30-0,40	0,21
	0,40-0,50	0,21
	0,50-0,60	0,22

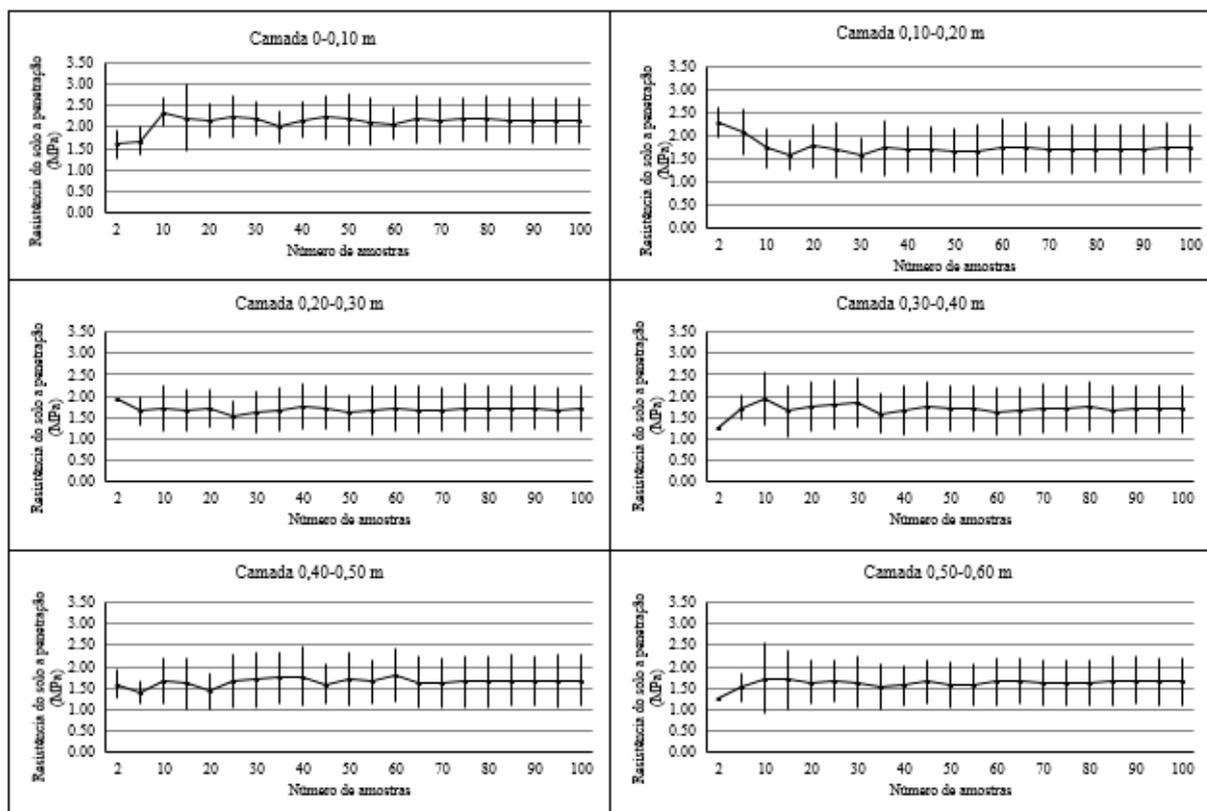


Figura 1. Variação dos valores de resistência do solo à penetração e os respectivos desvios padrões de um Latossolo Vermelho Distrófico sob mata nativa em função da população amostral(n), para área total de 19 ha. Palmeiras de Goiás, 02/2014.

Figure 1. Variation of soil resistance values to penetration and the respective standard deviations of a Dystrophic Red Latosol under native forest as a function of the sample population(n), for a total area of 19 ha. Palmeiras de Goiás, 02/2014.



Observa-se ainda que nas camadas de 0,0-0,1 m e 0,1-0,2 m as variações nos desvios padrões foram maiores que nas demais camadas, indicando a variabilidade que a deposição de matéria orgânica por folhas e galhos podem causar nas primeiras camadas do solo, que recebem maior

influência ao longo do tempo. De modo geral, as médias de resistência do solo à penetração na mata foram baixas e houve maior homogeneidade da área necessitando de menor densidade amostral para quantificação da resistência do solo à penetração.

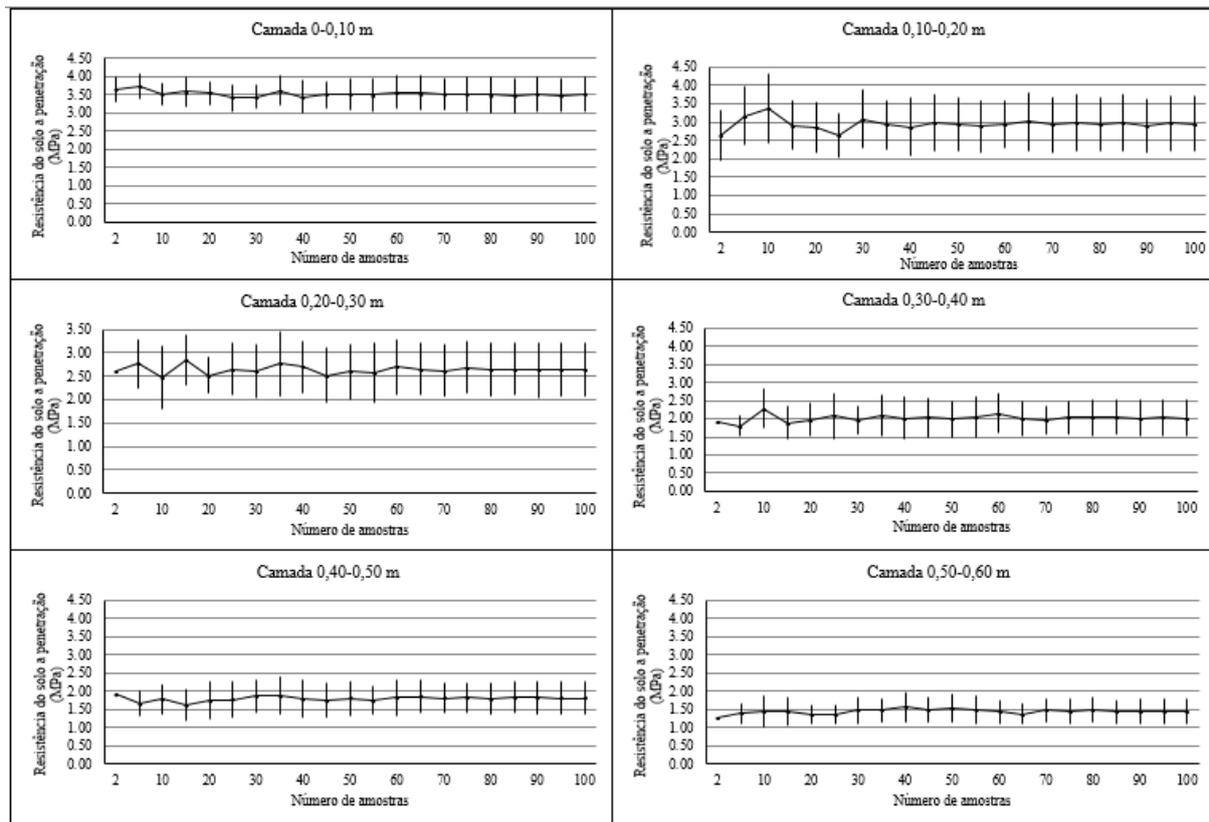


Figura 2. Variação dos valores de resistência do solo à penetração e os respectivos desvios padrões de um Latossolo Vermelho Distrófico sob cultivo de eucalipto (1 ano) em função da população amostral (n), para área total de 19 ha. Palmeiras de Goiás, 02/2014.

Figure 2. Variation of soil resistance values to penetration and the respective standard deviations of a Dystrophic Red Latosol under eucalyptus cultivation (1 year) as a function of the sample population (n), for a total area of 19 ha. Palmeiras de Goiás, 02/2014.

Na **Figura 2** encontram-se os valores médios da resistência do solo à penetração e seus desvios padrões em função da população amostral nas camadas avaliadas para o cultivo com eucalipto. Observa-se que a resistência do solo à penetração sob este sistema de cultivo nas camadas de 0,0-0,1 m; 0,1-0,2 m e 0,2-0,3 m foi maior

comparado a mata, apresentando altos desvios padrões nas camadas 0,1-0,3 m e 0,2-0,3 m quando comparados aos demais, indicando a perda da qualidade física natural do solo. Apesar do eucalipto ser espécie de porte arbóreo, possuir sistema radicular agressivo e depositar grande quantidade de MO ao solo, a interferência antrópica no

meio alterou as condições naturais, causando o início da degradação do solo, se não monitorado e acompanhado.

Desta forma, pode-se observar pelos resultados que a estacionalidade dos dados é obtida com maior número de amostras. Assim na área cultivada com eucalipto a estacionalidade dos dados é atingida em $n=55$, ao se observar em conjunto as camadas, considerando a área total estudada (19 ha). Assim a população amostral para 1 ha é de 3 amostras. É necessário 1 ponto a mais que mata nativa para confiança nos dados, devido a heterogeneidade que a ação humana causou no meio.

A partir de $n=20$ até $n=30$ há grande variabilidade nos dados, principalmente nas camadas superficiais (0,1-0,2 m e 0,2-0,3 m). Provavelmente devido ao uso de maquinários que influenciam de forma diferente estas camadas, prejudicando mais a camada de 0,0-0,1 m, que apresentou as maiores médias de resistência do solo à penetração. Para as camadas mais profundas, percebe-se menor influência do sistema de manejo, pois as médias de resistência do solo à penetração assemelharam-se as da mata. Atingindo estabilidade em $n=20$.

A **Figura 3** apresenta a acurácia da estimativa da média (D). Pode-se observar que para as duas áreas de cultivo há a presença de duas faixas de confiabilidade dos dados: Faixa I $D < 10$ e Faixa II $D > 10$. Na Faixa I há grande variabilidade nos dados, não apresentando dados confiáveis para

estimativa da resistência do solo à penetração podendo induzir a avaliações do estado de compactação do solo, errôneas. Já na Faixa II há maior estabilidade dos dados, garantindo maior confiança nos mesmos, indicando o grau de compactação do solo.

De forma generalizada verifica-se que a alteração de mata nativa em áreas de cultivo influencia na população amostral que indique o valor médio representativo da resistência do solo à penetração para a área, refletindo o fato de o manejo provocar mudanças constantes na estrutura do solo. Todavia o uso de espécies florestais promove alterações menos agressivas na qualidade física do solo que outros sistemas de manejo que exigem preparo do solo e maquinários.

Neste estudo os valores máximos, entre 3 e 4 MPa, ocorreram na camada de 0,0-0,1 m na área cultivada com eucalipto. Silva *et al.* (2007) encontraram valores médios de resistência do solo à penetração de 5 MPa para áreas com constante preparo para cultivo. Imhoff *et al.* (2000) encontraram valores máximos de 9,47 MPa em áreas de piquete. Magalhães *et al.* (2009) encontraram valores entre 4 e 5 MPa para solos com cana de açúcar. Todavia deve-se considerar que anteriormente ao cultivo de eucalipto a área era utilizada como pastagem e que a umidade da área de eucalipto era menor que na área da mata nativa. De acordo com Imhoff *et al.* (2000) a resistência do solo à penetração é influenciada pelo teor de umidade do solo.



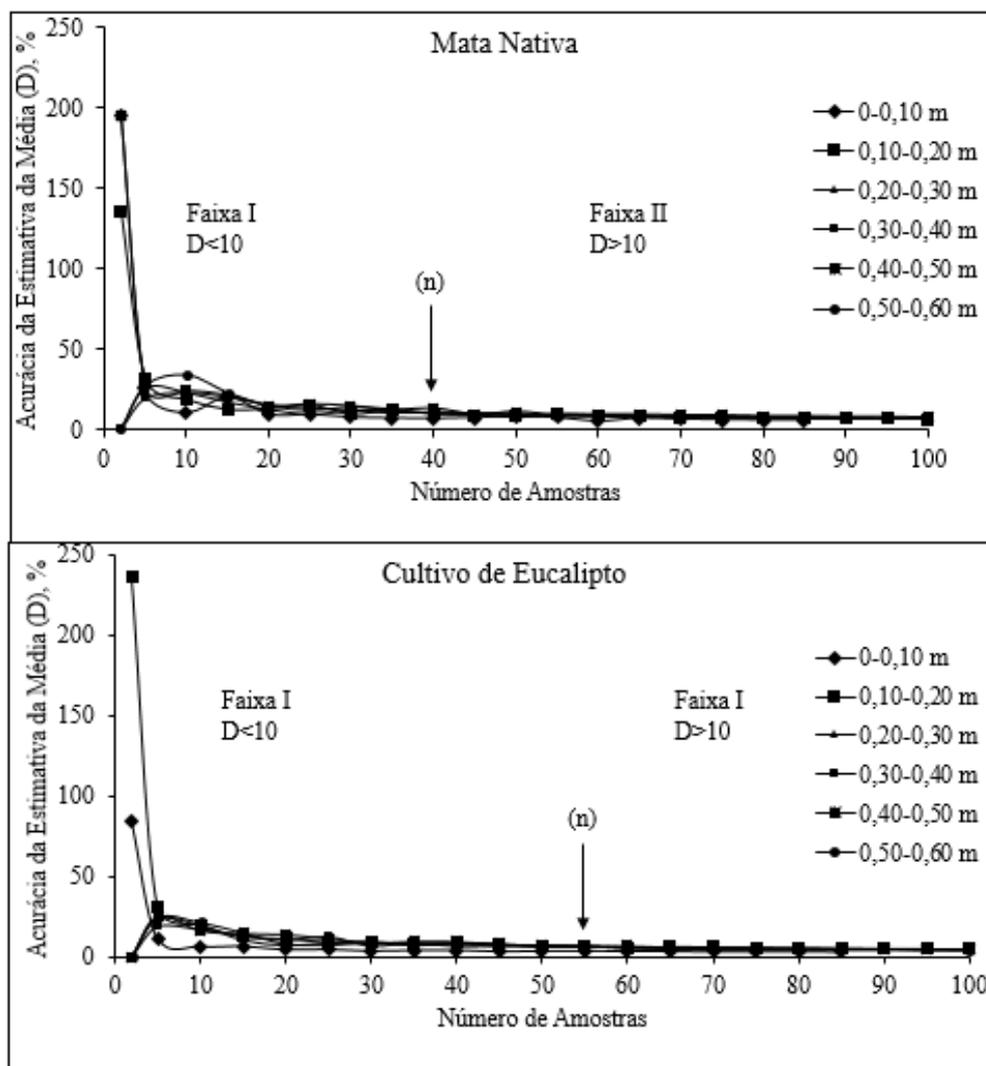


Figura 3. Precisão da estimativa das médias de resistência do solo à penetração de um Latossolo Vermelho Eutroférico em função do número de amostras / pontos coletados, para área total de 19 ha. *(n) número de amostras representativas para médias de resistência do solo à penetração. Palmeiras de Goiás, 02/2014.

Figure 3. Accuracy of the estimation of the means of soil resistance to the penetration of an Eutrophic Red Latosol as a function of the number of samples / points collected, for a total area of 19 ha. *(n) number of representative samples for average soil penetration resistance. Palmeiras de Goiás, 02/2014.

Segundo os autores Tavares Filho & Ribon (2008), Imhoff *et al.* (2000), Ribon & Tavares Filho (2002; 2004), os altos desvios padrões observados são normais para a propriedade estudada, permitindo afirmar que para Latossolo Vermelho distrófico sob mata nativa e sob eucalipto número de

amostras representativas da média de resistência do solo à penetração é de $n=2$ e $n=3$, respectivamente.

Estes resultados diferem dos observados por Jobin (1996), Torres e Saraiva (1999), Embrapa (2002) e Tavares Filho & Ribon (2008), em que, o número ideal de amostras

para representar com confiança a média de resistência do solo à penetração está entre 10 e 15. Ribon & Tavares Filho (2002) e Souza *et al.* (2006) obtiveram números de amostras mais extremos. Segundo Ribon & Tavares Filho (2002), o número representativo da resistência do solo à penetração está acima de 25 para solos sob plantio convencional. E segundo Souza *et al.* (2006), as médias de confiança para a resistência do solo à penetração está em torno de 15 e 30 pontos amostrais.

propriedades químicas dos solos, estabeleceu-se neste trabalho o tamanho do número amostral e a acurácia da estimativa das médias para resistência do solo à penetração. Conforme os autores esta análise permite verificar que a medida que se aumenta o número amostral o erro diminui rapidamente. Como também pôde-se observar nos resultados deste.

Resultados semelhantes para análise da acurácia da estimativa da média foram encontrados por Tavares Filho & Ribon (2008). Os autores também observaram duas faixas de confiabilidade de dados, ao estudarem a acurácia na estimativa da média (D), para a quantificação do número de amostras para representação média da resistência do solo à penetração. A primeira faixa não oferece uma zona confiável para diagnóstico da compactação do solo sendo necessários estudos mais detalhados, como o estudo do perfil cultural, que avalia o desenvolvimento das raízes. E a faixa II é

Entretanto muitos trabalhos avaliam a resistência do solo à penetração com o uso de 3 a 10 repetições (Magalhaes *et al.*, 2001; Marchao *et al.*, 2007; Magalhaes *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2007), número em que há menor variabilidade dos dados, como pode ser observado, todavia deve-se considerar o manejo adotado e o tipo de solo estudado.

Comparando-se ao estudo de Davis *et al.* (1995), que estudaram o número de amostras para estudo da variabilidade de aquela que garante confiabilidade dos dados, garantindo, quantificar o grau de compactação do solo pela a resistência do solo à penetração, podendo indicar novas práticas de manejo, conforme o nível de degradação.

CONCLUSÕES

O sistema de manejo influencia na intensidade amostral, sendo necessária maior densidade de pontos em áreas onde há o preparo do solo.

Para média representativa da resistência do solo à penetração são necessárias 2 amostras/ha em Latossolo Vermelho distrófico sob mata nativa e 3 amostras/ha para o mesmo solo cultivado com eucalipto.

As médias de resistência do solo à penetração foram mais influenciadas nas primeiras camadas do solo em cultivo com eucalipto (0,0-0,3m), e as subcamadas assemelharam-se às médias de resistência do solo à penetração da mata.



REFERÊNCIAS

- Bear, J. 1972. Dynamics of fluids in porous media. New York, Elsevier. 764p.
- Buchter, B; C Hinz & H Fluhler. 1994. Sample size for determination of coarse fragment content in a stony soil. *Geoderma*, Amsterdã, v.63, p.265-275,.
- Clay DE; CG Carlson; J Chang; SA Clay & DD MALO. 1999. Systematic evaluation of precision farming soil sampling requirements. In: ROBERT, P.C.; RUST, R.H. e LARSON, W.E., eds. INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4., Madison, Proceedings. Madison, ASA-CSSA-SSSA, 1999. p.253-265.
- Davis, JG; LR Hossner; L Wilding & A MANU. 1995. Variability of soil chemical properties in two sandy, dunal soils of Niger. *Soil Sci.*, Massachusetts, 159, p.321-330,
- EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. 2002. Recomendações da Comissão Centro Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo para Mato Grosso do Sul. Dourados, 79p.
- EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2013. 3ed. Brasília: EMBRAPA, 353p.
- Imhoff, S; A Pires da Silva & CA Tormena. 2000. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.35, p.1493-1500.
- Jobim, CC. 1996. Estabelecimento de pastagens. In: RAUEN, M.J.; SÁ, J.C.M.; OLIVEIRA, E.F. Forragicultura no Paraná. Londrina, Universidade Estadual de Londrina, p.37-47.
- Lauren, JG; RJ Wagenet; J Bouma & JHM Wosten. 1988. Variability of saturated hydraulic conductivity in a Glossoquic hapludalf with macropores. *Soil Sci.*, Massachusetts, 145:20-28,
- Magalhaes, RT; HJ Kliemann & IP OLIVEIRA. 2001. Evolução das propriedades físicas de solos submetidos ao manejo do sistema barreira. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Brasília, v.31, n. 1, p.7-13, jan./jun.
- Magalhaes, W; C Cremon; NC Mapeli; WM Silva; JM Carvalho & MS Mota. 2009. Determinação da Resistência do Solo à penetração sob Diferentes Sistemas de Cultivo em um LATOSSOLO sob Bioma Pantanal. *Agrarian*, Dourados, v. 2, n. 6, p.21-32, out./dez.
- Mallants, D; RP Mohanty; A Vervoot & J FEYEN. 1997. Spatial analysis of saturated hydraulic conductivity in a soil with macropores. *Soil Technol.*, Amsterdã. v.10, p.115-131.
- Marchao, RL; LC Balbino; EM Silva; J Santos Junior; MAC Sá; L Vilela & T Becquer. 2007. Qualidade Física de um LATOSSOLO VERMELHO sob Sistemas de Integração Lavoura-pecuária no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 42, n. 6, p. 873-882, jun.
- Petersen RG & LD Calvin. 1965. Sampling. In: BLACK, C.A., ed. *Methods of soil analysis: Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling*. Madison, American Society of Agronomy, Part 1. p.54-71.
- Ribon AA & J Tavares Filho. 2004. Model for the estimation of physical quality of a Yellow Red Latosol (Oxisol) under pasture. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, Curitiba, 47:25-31.
- Ribon AA & J Tavares Filho. 2002. Número ideal de amostras para estudos com penetrômetro de impacto em Latossolo Vermelho eutroférico. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., Cuiabá, 2002. Resumos. Cuiabá, 2002.
- Silva, DSNda; CG Roque; GW Rotta; RAF Machado; RM Silva; VM Silva & A Lange. 2007. Atributos Físicos de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO sob Diferentes Sistemas de Uso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31. 2007, Gramado-RS. Anais... Gramado-RS: Serrano, 5p.
- Souza, ZM; J Marques Junior; GT Pereira; R Montanari & MCC Campos. 2006. Amostragem de solo para determinação de atributos químicos e físicos em área com variação nas formas do relevo. *Científica*, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 249-356.
- Stolf, R. 1991. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, v. 5, p.249-252.



- Tavares Filho, J & AA Ribon. 2008. Resistência do Solo à Penetração em Resposta ao Número de Amostras e Tipo de Amostragem. R. Bras. Ci. Solo, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 487-494, mar.
- Torres, E & OF Saraiva. 1999. Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja. Londrina, Embrapa Soja, 58p.
- Weirich Neto, PH; E Borgchi; CB Sverzut; EC Mantovani; RL Comide & WLC Newes. 2006. Análise multivariada da resistência do solo à penetração sob plantio direto. Cienc. Rural, Santa Maria, v. 36, n. 4, Ago.

