

XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

COMPACTAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS SOB INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA E PRESERVAÇÃO PERMANENTE

Milena Avelar Dornelas¹; Michael Silveira Thebaldi²; Bruno de Paula Leal³

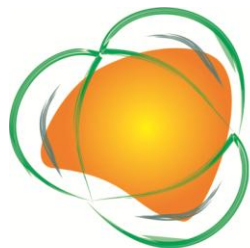
⁽¹⁾ Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária; Centro Universitário de Formiga; Avenida Dr. Arnaldo de Senna, 329, Água Vermelha, Formiga - MG. CEP 35570-000. milena990@yahoo.com.br ⁽²⁾ Doutor em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas; Professor Titular; Centro Universitário de Formiga; Avenida Dr. Arnaldo de Senna, 329, Água Vermelha, Formiga - MG. CEP 35570-000. msthebaldi@unifomg.edu.br ⁽³⁾ Graduando em Engenharia Agrônômica; Centro Universitário de Formiga; Avenida Dr. Arnaldo de Senna, 329, Água Vermelha, Formiga - MG. CEP 35570-000; brunoleal96@outlook.com

Eixo temático: Conservação Ambiental e Produção Agrícola Sustentável

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi analisar a compactação de solo agrícola, em diferentes situações inerentes do sistema de produção caracterizado como integração lavoura-pecuária, e em área de preservação permanente. Para tal, foi montado um experimento em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 2, com três repetições, sendo os tratamentos: atividade realizada no solo (4 situações – A1: ao final do ciclo da cultura do milho; A2: após colheita mecanizada do milho; A3; após pastoreio de gado; A4: área de preservação permanente) e profundidade da camada de solo (2 níveis – C1: 0 – 0,15 m e C2: 0,15 – 0,30 m). As amostras foram coletadas em uma propriedade rural, a fim de serem analisadas a densidade do solo, porosidade, umidade volumétrica e resistência à penetração do solo. A atividade de pastagem não causou compactação do solo na área analisada, já que a densidade e porosidade do solo foram iguais após a realização das atividades inerentes ao sistema produtivo de integração lavoura-pecuária, e mesmo com a resistência a penetração do solo após o pastejo de gado na camada de 0 – 0,15 m ter sido a maior, esta pode ser explicada pela menor umidade observada nesta condição. Assim, a integração lavoura-pecuária foi uma alternativa para o aproveitamento da área, sem que a mesma seja degradada pela compactação.

Palavras-chave: Resistência do solo à penetração. Porosidade do solo. Densidade do solo. Umidade do solo

ABSTRACT - The aim of this paper was to analyze the agricultural soil compaction in different situations inherent to the integrated crop-livestock system, and at a permanent preservation area. To this end, a completely randomized design experiment was mounted, in a factorial scheme 4 x 2, with three replications, being the treatments: activity performed on soil (4 situations - A1: at the end of the corn crop cycle; A2: after corn mechanical harvesting; A3: after cattle grazing; A4: permanent preservation area)



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

and depth of the soil layer (2 levels - C1: 0-0.15 m and C2: 0.15-0.30 m). Samples for the study were collected from an agricultural area, in order to be analyzed soil bulk density, porosity, volumetric water content and soil penetration resistance. The grazing activity did not cause soil compaction in the analyzed area, since the density and porosity of the soil were equal after performing the activities related to crop-livestock production system. Even with soil penetration resistance after the cattle grazing in the 0 – 0.15 m layer being higher, this may be explained by a lower soil moisture observed in this condition. Thus, crop-livestock integration was an alternative to area use, without it being degraded by compaction.

Key words: Soil penetration resistance. Soil porosity. Soil bulk density. Soil Moisture.

Introdução

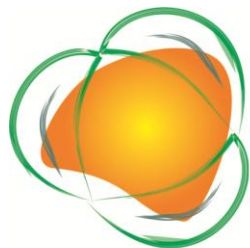
De acordo com a diversidade de solos, e suas características físicas, químicas, biológicas, mineralógicas e morfológicas, além do relevo, pedregosidade e clima, os solos respondem diferentemente em cada caso ao manejo, tráfego de máquinas e pisoteio de animais (REICHERT et al., 2010). Com isso, devido às diversas atividades desenvolvidas no solo, ele pode sofrer algumas modificações graças à carga adicional e consequente compactação, podendo interferir no seu uso e qualidade.

Para Ferreira e Dias Júnior (2001), o termo compactação do solo refere-se à compressão deste, quando não saturado, durante a qual existe um aumento de sua densidade em consequência da redução do seu volume, visto que quando esse fenômeno acontece ocorre a expulsão de água dos poros, o chamado adensamento, ocorrido muitas das vezes pelo manejo inadequado.

São recomendados uso de sistemas de manejo com menor revolvimento do solo possível, para que o acúmulo de resíduos vegetais na superfície possibilite a recuperação das propriedades físicas, anteriormente perdidas em áreas degradadas pelo preparo inadequado do solo (MARCOLAN e ANGHINONI, 2006).

Já a compactação do solo em relação ao pisoteio de animais depende muito da espécie e categoria utilizada em pastejo. Em estudos realizados por Murphy et al. (1995), ao analisarem o pisoteio de diferentes espécies foi observado que os ovinos apresentaram menor efeito na compactação, em relação aos bovinos, resultando em valores de densidade do solo de $1,12 \text{ g cm}^{-3}$ e $1,37 \text{ g cm}^{-3}$, respectivamente.

Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a compactação de solo agrícola, determinando a resistência à penetração do solo em diferentes situações inerentes do sistema de produção caracterizado como integração lavoura-pecuária, e em área de preservação permanente, além de avaliar a densidade do solo, porosidade e umidade volumétrica, nas mesmas condições supracitadas.



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

Material e Métodos

As avaliações foram feitas em uma propriedade rural, no Município de Medeiros - MG, que possui área de 120 ha. As áreas selecionadas para o estudo possuíam dimensões de 7,2 m², sendo uma, caracterizada por integração lavoura – pecuária, e outra com vegetação nativa local.

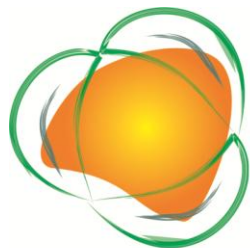
A área estudada de integração lavoura-pecuária possuía uma declividade de aproximadamente 0,5%, e a área de vegetação nativa, caracterizada pela preservação permanente, uma declividade de aproximadamente 3,52%. A região é predominante pelo solo do tipo Cambissolo Háplico Tb distrófico (Cxbd), tendo composição textural, a partir de amostras representativas da camada de 0 – 0,30 m, de 360, 150 e 490 g/kg de areia total, silte e argila, respectivamente, sendo então classificado como de textura argilosa segundo classificação adotada pelo USDA.

Por informações do proprietário, a área passa pela atividade de lavoura desde 2010, caracterizada pelas culturas de milho ou soja na safra verão, plantada nos meses de outubro ou novembro, e pela cultura do feijão na safrinha, plantada nos meses de março ou abril.

A área de integração lavoura-pecuária, de 74 hectares, foi cultivada com milho, colhida de maneira mecanizada e depois recebeu pastejo de gado com aproximadamente 100 novilhas, sendo uma taxa de ocupação de 1,35 unidade animal/ha. Nas áreas selecionadas ao estudo, foram coletadas amostras indeformadas, nas profundidades de 0 – 0,15 m e de 0,15 – 0,30 m, três por profundidade, por percussão, utilizando anéis volumétricos de dimensões desconhecidas. Assim que as amostras indeformadas foram coletadas, as mesmas foram revertidas com filme de policloreto de vinil (PVC), amorim e uma goma elástica para manter a umidade do solo, até que as análises de umidade gravimétrica fossem realizadas. As amostras deformadas foram obtidas nas mesmas profundidades e locais.

A primeira amostragem foi realizada no dia 09/04/2015, com lavoura de milho estabelecida, logo antes da realização da colheita. Após a coleta das amostras de solo, foi realizado ensaio de resistência à penetração utilizando penetrômetro de impacto tipo Stolf. O equipamento foi golpeado até que este ultrapassasse a profundidade de 30 cm, sendo este o critério de parada do ensaio. Para cada golpe realizado, a profundidade atingida pelo cone foi anotada. A segunda amostragem nesta área ocorreu no dia 11/04/2015, após a colheita mecanizada do milho. Os pontos selecionados para análise foram impactados pelos rodados da colhedora. O plano amostral seguido foi o mesmo do realizado no dia anterior, tanto para amostras de solo (deformadas e indeformadas) e penetrometria.

Após finalização da colheita do milho, no dia 25/04/2015, a fazenda foi ocupada por novilhas de aproximadamente onze arrobas, estas, permanecendo na área por



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

cinco meses, até o dia 01/10/2015. Com isso, no dia 10/10/2015 foi feita a terceira amostragem de solo e ensaio com penetrômetro de impacto tipo Stolf.

Já a última amostragem foi realizada no 10/10/2015, em uma área de 4 m², caracterizada reserva permanente, em que, há seis anos, não há contato de máquinas nem pisoteio de animais, sendo que não foi realizada nenhuma intervenção mecânica ao solo após o cercamento. Devido à presença de *Brachiaria decumbens* no local, foi necessário fazer a sua remoção para realização das amostragens e ensaios com penetrômetro. Para isto, foram utilizados os mesmos procedimentos descritos anteriormente.

Para determinação da umidade gravimétrica, volumétrica e de densidade do solo, foram utilizadas amostras indeformadas de solo, sendo empregados os métodos de ensaio descritos em EMBRAPA (1997).

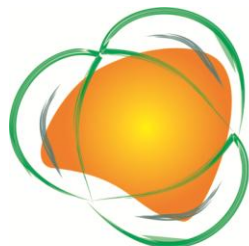
O cálculo da resistência à penetração foi realizado com auxílio de planilha eletrônica desenvolvida por Stolf et al. (2014), sendo possível a entrada de dados que convertem o número de impactos em resistência do solo à penetração, R. Na planilha eletrônica, são utilizadas algumas unidades de conversão de impactos para gerar os gráficos da penetração, sendo que a unidade prática considera a aceleração da gravidade igual a 10 m/s².

Os valores obtidos de resistência à penetração, umidade volumétrica, densidade do solo e porosidade, foram analisados em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial, 4 x 2, com três repetições, sendo os tratamentos: atividade realizada no solo (4 situações – A1: ao final do ciclo da cultura do milho; A2: após colheita mecanizada do milho; A3 – após pastoreio de gado; A4 – área de preservação permanente) e profundidade da camada de solo (2 níveis – C1: 0 – 15 cm e C2: 15 – 30 cm).

Os resultados foram comparados pelo teste de F a 5% de significância estatística. Nas análises em que o teste de F foi significativo, procedeu-se teste de Scott-Knott, também com 5% de probabilidade, para comparação de médias. As análises estatísticas foram realizadas com o software Assistat em sua versão 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2006).

Resultados e Discussão

O quadro resumo da ANOVA nas avaliações de densidade do solo, porosidade e resistência à penetração, submetidas atividades no solo e nas duas profundidades avaliadas, é apresentado na Tabela 1.



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS
21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

Tabela 1. Quadro resumo da ANOVA das variáveis densidade do solo, porosidade, umidade e resistência à penetração.

FV	GL	Quadrado Médio			
		ds	P	θ	RP
Atividade (A)	3	0,00683 ^{ns}	25,67073 ^{ns}	0,01204 ^{**}	3,11176 ^{**}
Camada (C)	1	0,00104 ^{ns}	2,25415 ^{ns}	0,00488 ^{ns}	7,37224 ^{**}
A x C	3	0,00010 ^{ns}	0,21889 ^{ns}	0,00323 ^{ns}	1,01891 [*]
Resíduo	16	0,00664	1,419,727	0,00110	0,29246
Total	23				
cv (%)		7,22	7,92	9,72	18,50

Em que: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$), * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$), ns: não significativo ($p \geq 0,05$), ds: densidade do solo, P: porosidade, θ – umidade volumétrica do solo, RP: resistência à penetração.

A densidade do solo e porosidade não foram influenciados pelas diferentes atividades no solo, pelas duas profundidades de camada e bem como pela interação destes dois fatores. As densidades do solo obtidas, mesmo estatisticamente iguais, variaram de 1,0811 g/cm³ na área de preservação em profundidade de 0,15 – 0,30 m à 1,1776 g/cm³ após o pastoreio de gado na camada de 0 – 0,15 m.

Avaliando a densidade e a porosidade total do solo, é possível observar que com as diferentes atividades submetidas a ele e profundidades da camada do solo não houve diferenças entre os valores observados, assim, pode-se inferir que, para as condições avaliadas, o sistema de integração lavoura-pecuária preservou estas duas características do solo.

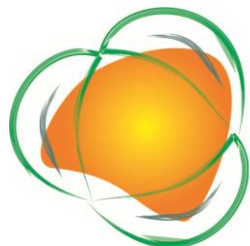
Em relação à umidade do solo, os valores obtidos foram significativos quanto a atividade nele desenvolvida. Já para os demais fatores não houve uma significância estatística. Assim, a Tabela 2 mostra os valores de umidade volumétrica em função da atividade realizada no solo.

Tabela 2. Umidade volumétrica do solo em função da atividade nele realizada.

Atividade no solo	θ (cm ³ H ₂ O/cm ³ solo)
A1	0,37852 a
A2	0,36846 a
A3	0,27897 b
A4	0,33798 a

Valores seguidos por mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade.

Ao observar a Tabela 2, tem-se que a umidade volumétrica na área após a atividade de pastagem (A3) difere dos demais tipos de atividades realizadas, sendo



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

menor. Para as três outras atividades (A1, A2 e A4), a umidade no momento da coleta de amostras e ensaio de Resistência à Penetração era a mesmas.

Como foi obtida significância para o efeito simples “Atividade realizada no solo” sobre a resistência à penetração, na Tabela 3 é apresentada as médias deste em cada um dos níveis avaliados.

Tabela 3. Resistência à penetração do solo em função da atividade nele realizada.

Atividade no solo	RP (MPa)
A1	2,39409 c
A2	2,31735 c
A3	3,85420 a
A4	3,12842 b

Valores seguidos por mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade.

Na lavoura de milho (A1) e após a colheita mecanizada (A2) do mesmo, não houve diferenças da RP, mostrando assim, que o uso de colhedoras não promoveu aumento desta variável. Já após atividade de pastejo na área (A3), obteve-se a maior RP média encontrada no estudo, com um valor de 3,85420 MPa, seguida da área de preservação (A4), com resistência à penetração de 3,12842 MPa.

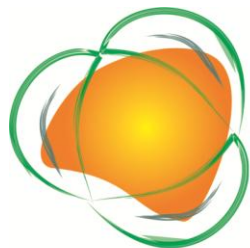
A área de preservação pode possuir maior resistência à penetração que as áreas cultivadas, por ter se mantido intacta após ter sido intensamente impactada durante anos, conservando, portanto, características mecânicas previamente obtidas. Outro fator a ser observado, é o preparo anual da área cultivada com milho, que revolve a camada agricultável anualmente. Os maiores valores de Resistência à Penetração em A3 podem ser explicados pela menor umidade do solo. Quanto menor a umidade do solo, maior a resistência deste à penetração (REICHERT et al., 2010). A análise do efeito apenas da profundidade sobre os valores de RP, são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4. Resistência à penetração (MPa) em função da profundidade da camada avaliada.

Tratamento	RP (MPa)
C1	3,47775 a
C2	2,36928 b

Valores seguidos por mesma letra na vertical, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade.

A RP na camada de 0-15 cm (P1) foi superior à avaliada na camada inferior, P2, entre 15 – 30 cm. A camada superficial do solo fica mais exposta à compactação causada por sobrecargas sobre o solo, seja o tráfego de máquinas, ou mesmo pisoteio de animais, porém, estes não são os únicos fatores que influem em incrementos na Resistência à



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

Penetração, já que esta é um índice integrado pela densidade do solo, textura, matéria orgânica e umidade do solo (RIBON e TAVARES FILHO, 2004).

A resistência à penetração em função da interação entre atividade realizada no solo e a profundidade das camadas pode ser avaliada com a visualização da Tabela 5.

Tabela 5. Resistência à penetração, em MPa, do solo encontrada em função da atividade nele realizada e profundidade da camada.

Atividade no solo	Profundidade da Camada	
	C1	C2
A1	2,8348 bA	1,9534 aA
A2	2,5188 bA	2,1159 aA
A3	5,0045 aA	2,7039 aB
A4	3,5529 bA	2,7039 aA

Valores seguidos por mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade.

A maior resistência à penetração foi obtida após pastoreio de gado e na camada de 0 – 15 cm. Para esta mesma atividade, a RP na camada mais profunda a esta foi menor. Porém, como mostrado anteriormente, a umidade do solo nesta condição, mesmo não tendo sido estatisticamente inferior às demais, foi consideravelmente menor, condição que infere em maior RP. Já nas outras interações entre fatores, a resistência à penetração não se diferenciou significativamente pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade.

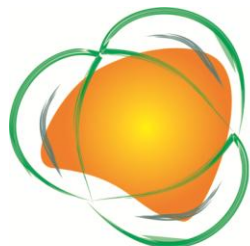
Há de se salientar que o valor de resistência à penetração igual ou superior à 2 MPa tem sido utilizado como crítico para o desenvolvimento das plantas (REICHERT; SUZUKI; REINERT, 2007) e também para definir o limite inferior de água no solo na quantificação do intervalo hídrico ótimo (SILVA et al., 1994).

Conclusões

A atividade de pastagem não causou compactação do solo na área analisada, já que as densidade e porosidade do solo foram iguais após a realização das atividades inerentes ao sistema produtivo de integração lavoura-pecuária, e mesmo com a resistência a penetração do solo após o pastejo de gado na camada de 0 – 0,15 m ter sido a maior, esta pode ser explicada pela menor umidade observada nesta condição. Assim, a integração lavoura-pecuária foi uma alternativa para o aproveitamento da área, sem que a mesma seja degradada, pela compactação.

Agradecimentos

Ao UNIFOR-MG, pelo auxílio para participação no evento.



XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

www.meioambientepocos.com.br

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

Referências Bibliográficas

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212p.

FERREIRA, M. M; DIAS JÚNIOR, M. S. Física do solo. Lavras: Editora UFLA/FAEPE. 2001, 117p.

MARCOLAN, A.L.; ANGHINONI, I. Atributos de um Argissolo e rendimento de culturas de acordo com o revolvimento do solo em plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.30, n.1, p.163-170, 2006.

MURPHY, W. M.; A. D. MENA BARRETO, A.D.; SILMAN, J. P.; DINDAL, D. L. Cattle and sheep grazing effects on soil organisms, fertility and compaction in a smooth-stalked meadowgrass-dominant white clover sward. Grass and Forage Science, Malden, v.50, p. 191-194, 1995.

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: CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: SBCS, p. 49-134, 2007.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; SUZUKI, L. E. A. S.; HORN, R. Mecânica do solo. In: LIER, Q. de J. V. Física do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. 298p.

RIBON, A. A.; TAVARES FILHO, J. Models for the estimation of the physical quality of a Yellow Red Latosol (Oxisol) under pasture. Brazilian Archives of Biology and Technology, Londrina, v.47, n.1, p.25-31, 2004.

STOLF, R., Murakami, J. H., Brugnaro, C.; Silva, L. G.; Silva, L. C. F.; Margarido, L. A. C. Penetrômetro de impacto Stolf- Programa computacional de dados em Excel-VBA. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.38, n.3, p.774-782, 2014.

SILVA, A.P.; KAY, B.D.; PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range of soils. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 58, n.6, p. 1775-1781, 1994.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. A new version of the Assisat-Statistical Assistance Software. In: World Congress on Computers in Agriculture, 4., Orlando: Anais... Orlando: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006. p.393-396.