

**AGREGAÇÃO E COMPACTAÇÃO DO SOLO EM PASTAGEM EXTENSIVA NO  
MUNICÍPIO DE RESERVA - PR**

**AGGREGATION AND SOIL COMPACTION IN EXTENSIVE PASTURES IN  
RESERVA CITY, PARANÁ STATE**

**Adalberto Alves Pereira**

Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG

e-mail: adalbertoalvesperiera@yahoo.com.br

**Edivaldo Lopes Thomaz**

Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO

e-mail: ethomaz@brturbo.com.br

**RESUMO.** O Brasil possui cerca de 20% da sua área ocupada por pastagens. Por se tratar de um manejo contínuo e em muitos casos realizado de forma inadequada estas pastagens acabam por serem rapidamente degradadas, químico, físico e biologicamente. Desta forma, este trabalho objetiva avaliar os parâmetros físicos do solo em área de pastagem extensiva na bacia hidrográfica do Arroio Palmeirinha, município de Reserva – PR. Foram coletadas 12 amostras indeformadas por camada de solo (0,0-0,05; 0,05-0,15; 0,15-0,30 m), resultando num total de 36 amostras por área para avaliação da densidade do solo, porosidade total e estabilidade de agregados; a resistência à penetração foi mensurada com a utilização de um penetrômetro de impacto. A área de pastagem apresentou diâmetro médio ponderado superior a 2 mm na camada superficial. A ação das gramíneas contribuiu para índices de agregação elevados, iguais ou superiores aos valores obtidos na área florestada. Todavia o manejo contínuo e com lotação excessiva de animais tem provocado a compactação nas camadas superficiais do solo. Os solos da bacia hidrográfica do Arroio Palmeirinha independente da forma de manejo apresentam tendência natural à compactação a partir dos 0,2 m de profundidade.

**Palavras-chave:** Resistência à Penetração; Estabilidade de Agregados; Manejo do Solo; Densidade do Solo.

**ABSTRACT.** Brazil has about 20% of the area occupied by pasture. Since this is an ongoing management and in many cases performed inappropriately these pastures end up being rapidly degraded, chemical, physical and biological. Thus this study aims to evaluate the soil physical parameters in extensive grazing area in the watershed of Palmeirinha Creek, Reserva city, Paraná State. In each area were collected 12 soil samples for soil layer (0.0-0.05; 0.05-0.15; 0.15-0.30 m), resulting in a total of 36 samples per area for assessment bulk density, porosity and aggregate stability; penetration resistance was measured with the use of a penetrometer. The pasture area had an mean weight diameter than 2 mm in the surface layer. The action of grasses contributed to high aggregation levels, greater than or equal to the values forested area. However the continuous management and overcrowding of animals has caused compaction in the upper soil layers. Soil the watershed of Palmeirinha creek independent of management have natural tendency to compaction from 0.2 m deep.

**Key-words:** Penetration Resistance; Aggregate Stability; Soil Manejament; Bulk Density.

## INTRODUÇÃO

O Brasil possui cerca de 20% da sua área (174 milhões de hectares) ocupada por pastagens, destas, mais de 90% são utilizadas para o pastejo extensivo (ABIEC, 2014). Por se tratar de um manejo contínuo e em muitos casos realizado de forma inadequada estas pastagens acabam por serem rapidamente degradadas, químico, físico e biologicamente.

No estado do Paraná dos cerca de cinco milhões de hectares destinados ao manejo de pastagens, dois milhões (40%) estão degradados ou em processo de degradação (GUIMARÃES FILHO, 2012). A degradação nestas áreas é representada pela redução da massa verde e dos nutrientes, acidificação do solo, perda da matéria orgânica e compactação do solo entre outros problemas ambientais que diminuem a eficiência das pastagens (MOREIRA et al. 2005).

Dentre estes problemas um dos mais recorrentes e de difícil recuperação é a compactação do solo, que é um processo resultante do histórico de tensões recebidas em uma área, através da mecanização ou pelo pisoteio animal (REICHERT et al. 2003), e refere-se a compressão do solo não saturado, durante a qual existe um aumento de sua densidade em consequência da redução de seu volume (GUPTA e ALLMARAS, 1987).

A compactação, além de ser um impedimento mecânico ao crescimento radicular, afeta os processos de aeração, condutividade ao ar, à água e ao calor, infiltração e redistribuição da água, além dos processos químicos e biológicos (CAMARGO e ALLEONI, 1997).

Schneider et al. (1978) constataram que um bovino com peso entre 70 e 500 kg exerce uma pressão de compactação que pode variar de 0,07 a 0,21 Mpa, enquanto que um trator de esteira exerce pressão entre 0,01 a 0,02 Mpa.

No município de Reserva 58.000 ha são utilizados pela pecuária e criação de animais, o que corresponde a cerca de 35% dos 167.000 ha utilizados por atividades agropecuárias (IPARDES, 2013), tornando esta a atividade econômica com maior área ocupada no município.

Esta condição faz com que as áreas de pastagens se tornem objeto de estudo para verificação de suas condições físicas. Desta forma este trabalho objetiva avaliar os parâmetros físicos do solo em área de pastagem extensiva na bacia hidrográfica do Arroio Palmeirinha, município de Reserva – PR.

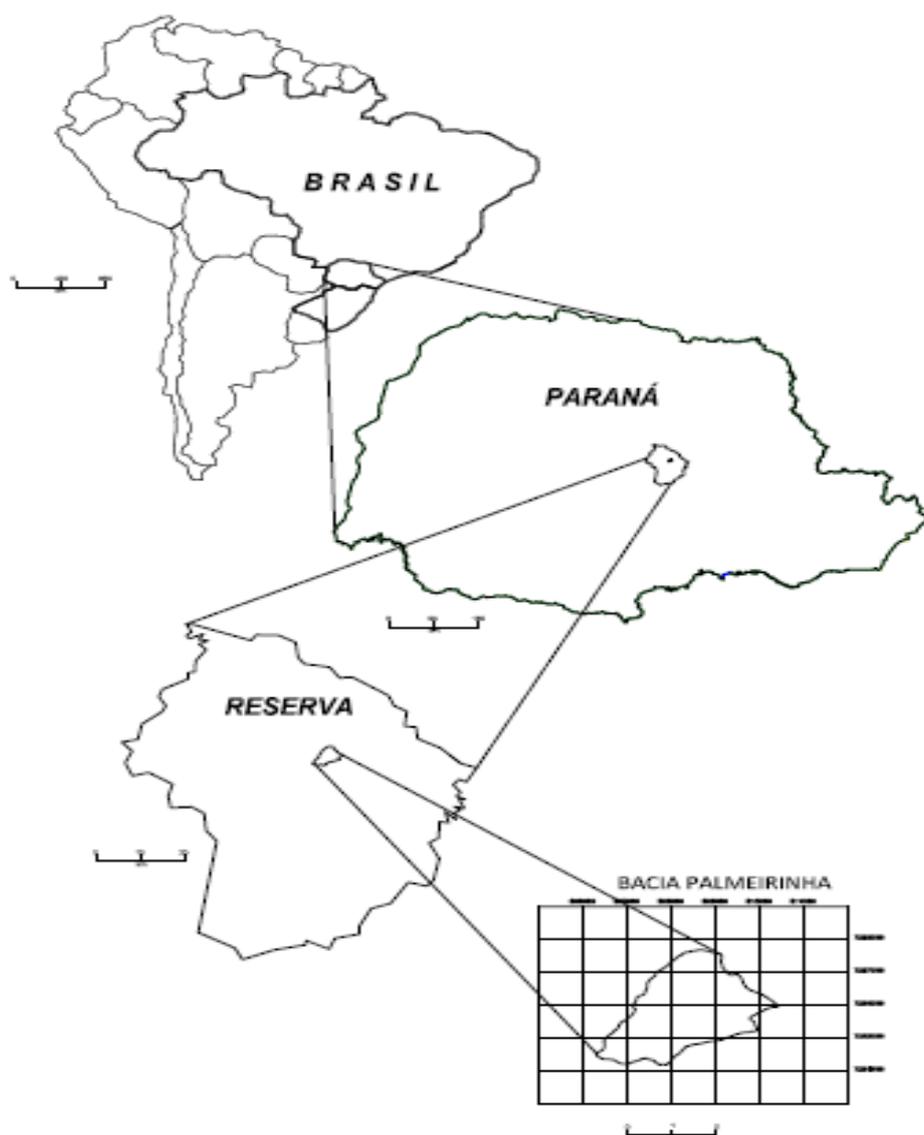
## MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado na bacia hidrográfica do Arroio Palmeirinha, município de Reserva – PR. A bacia localiza-se entre as coordenadas 24°31'28"S e 24°33'21"S; e 50°53'50"W e 50°56'16"W (Folha SG.22-X-A-IV-1) e apresenta área total de 774 ha (Figura 01).

Dentre as principais formas de uso na bacia, o manejo com pastagens predomina, ocupando cerca de 54% (420,74 ha) da área total, seguido pelas áreas de floresta e vegetação natural com 19% (144,63 ha), áreas agrícolas com 16% (120,53 ha) e em menor proporção, a silvicultura com 11% (88 ha) (PEREIRA, 2013).

A pastagem utilizada neste estudo ocupa o terço médio de uma vertente côncavo-retilínea, possui declividade de 6°, é utilizada há 10 anos como pastagem extensiva (2002-2012) com Brizantão (*Brachiaria brizantha cv Marandú*) sem manejo no período, lotação aproximada de 3 animais por hectare.

A área encontra-se em altitude variando entre 740 e 780 metros com clima Subtropical úmido (MINEROPAR, 2007). Os solos das áreas foram caracterizados como Argissolos vermelho-amarelo eutrófico (EMBRAPA, 2013), de textura médio-argilosa.



**Figura 1.** Localização da área de estudo.

Foram coletadas 12 amostras indeformadas com anel volumétrico de 100 cm<sup>3</sup> por camada de solo (0,0-0,05; 0,05-0,15; 0,15-0,30 m), resultando num total de 36 amostras. As coletas foram realizadas entre os meses de dezembro (2012) e janeiro (2013).

Após coleta as amostras foram encaminhadas ao laboratório, catalogadas, pesadas e secas em estufa em temperatura constante de 105° C durante 24 horas. A densidade do solo (DS) e a porosidade total foram determinadas pelo método do anel volumétrico, com base em Embrapa (1997).

A mensuração da resistência à penetração (RP) foi realizada com a utilização de um penetrômetro de impacto (STOLF, 1991). Foram realizadas quinze repetições em cada área, até a profundidade de 0,3 m. Com a aplicação da equação 1, descrita por Stolf (1991) obteve-se a resistência à penetração em unidades de mPa.

$$RP = \left(\frac{Mgh}{ax}\right) \left(\frac{M}{M+m}\right) + \left(\frac{M+m}{a}\right) g \quad (1)$$

Onde: RP: resistência mecânica do solo à penetração (mPa); h: altura de queda do cilindro de impacto (m); M: massa do êmbolo do penetrômetro (kg); m: massa do penetrômetro (kg); a: área da ponta do penetrômetro (m<sup>2</sup>); x: deslocamento do penetrômetro em cada impacto (m); g: aceleração da gravidade (m s<sup>-2</sup>).

Por ser a umidade uma das variáveis relacionadas à resistência do solo a umidade foi mensurada em locais próximos de onde foram realizados os ensaios de resistência mecânica utilizando-se uma sonda TDR.

A determinação do percentual de agregados foi realizada por via úmida de acordo com o método de Yoder (1936) descrito por Kiehl (1979). Antes do peneiramento as amostras passaram por peneira de 8,0 mm e foram submetidas à imersão para umedecimento via capilar por 5 minutos.

O material foi agitado com movimentos ascendente e descendente por 20 minutos (40 rpm). Para peneiramento foram utilizadas peneiras com malhas de 4,0; 2,0; 1,0; 0,5; 0,25; 0,125 mm. Depois de realizado o peneiramento, os agregados foram secos em estufa a 105°C durante 24 horas, em seguida estes passaram por pesagem, para determinação do percentual de agregados e realizou-se a correção do teor de areia, em que as frações areia e silte grosso foram passadas em peneira de 0,053 mm.

A estimativa do Diâmetro Médio Ponderado de agregados (DMP) deu-se aplicando a equação 2, descrita por Youker e Macguines (1956) apud Kiehl (1979).

$$DMP = \sum (Cmm \times P) \quad (2)$$

Onde: DMP: Diâmetro médio ponderado (mm); Cmm: Centro de classes de tamanhos dos agregados (mm); p: Proporção do peso de cada fração de agregados em relação ao peso total da amostra (g).

O índice de estabilidade de agregados (IEA) foi estimado utilizando-se a equação 3, descrita por Perin et al. (2002).

$$IEA = \frac{(Ps - wp0.250 - areia)}{(Ps - Areia)} \times 100 \quad (3)$$

Onde: IEA: Índice de estabilidade de agregados (%); Ps: massa da amostra seca (g); wp<sub>0,250</sub>: é a massa dos agregados da classe <0,105 mm (g); Areia: massa de areia removida após a correção com peneira de 0,053 mm (g).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

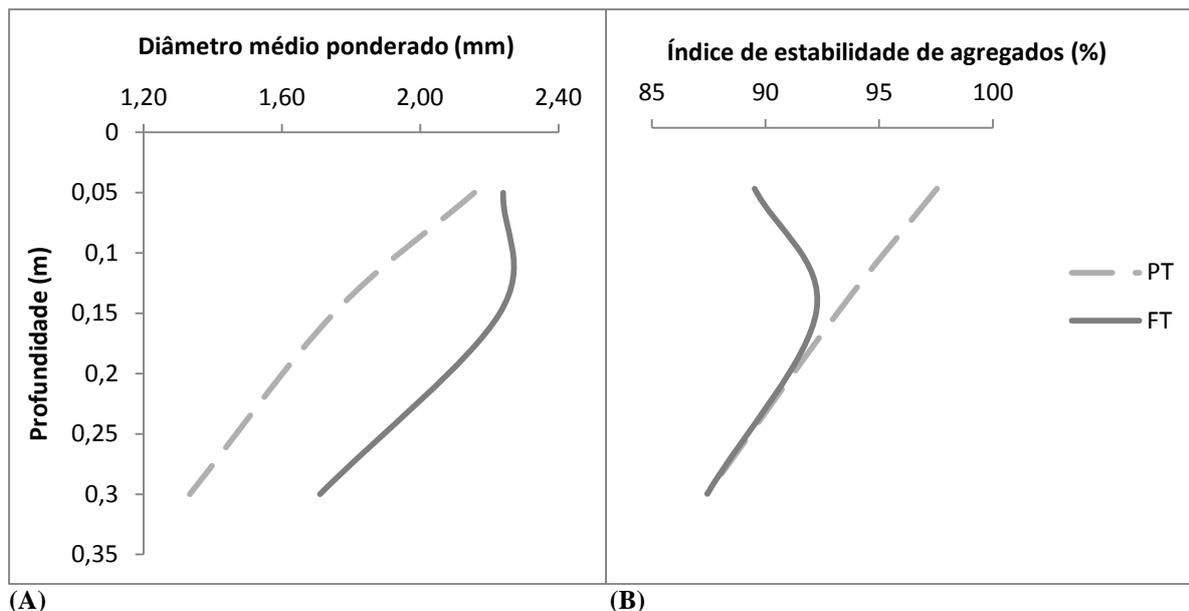
### **Agregação do solo**

A estabilidade de agregados representa a capacidade que as partículas têm de resistir aos processos de desagregação mecânica, por estar diretamente relacionada com diversos atributos do solo como: teor de matéria orgânica, textura do solo, teores de óxido de ferro e de alumínio, atividade microbiana e manejo do solo, entre outros, este parâmetro vem sendo utilizado como um bom indicador da qualidade física dos solos.

Neste trabalho optou-se por representar a estabilidade de agregados pelos índices de DMP e IEA. O DMP representa a porcentagem de agregados grandes retidos nas peneiras com malhas maiores; o IEA representa uma medida da agregação total do solo e não considera a distribuição por classes de agregados. Quanto maior a quantidade de agregados < 0,25 mm, menor será o IEA (CASTRO FILHO et al., 1998).

A área de pastagem apresentou DMP superior a 2 mm na camada superficial (0-0,05m), o que deve ser resposta a elevada densidade de raízes de gramíneas presentes nesta camada (Figura 2A). Com a redução na presença de raízes na camada de 0,05-0,15 m o DMP já apresenta redução de cerca de 20%, reduzindo de 2,16 mm para 1,75 mm, chegando a 1,33 mm na camada mais inferior (0,15-0,3 m).

O IEA na área de pastagem foi maior que 95% nas camadas de 0-0,05 e 0,05-0,15 m, superior ao índice encontrado na área de floreta (Figura 2B). Na camada de 0,15-0,3 m as áreas apresentaram IEA semelhante.



**Figura 2.** (A) Diâmetro médio ponderado de agregados (DMP) nas diversas áreas e profundidades; (B) Índice de Estabilidade de Agregados (IEA) nas diversas áreas e profundidades. PT – Pastagem extensiva; FT – Floresta.

Estes dados de estabilidade se justificam pela ação das raízes de gramíneas, já que, de acordo com Ferreira et al. (2010) o que confere maior estabilidade aos agregados são agentes cimentantes ligados a aspectos biológicos, como a atividade microbiana, liberação de exsudatos por raízes, crescimento e funcionamento das raízes, crescimento e morte dos tecidos, entre outros.

Silva e Mienilczuk (1997) citam ainda que as gramíneas perenes, por apresentarem maior densidade de raízes e melhor distribuição do sistema radicular no solo, favorecem a formação e estabilidade de agregados, e podem ser usadas como plantas recuperadoras da estrutura do solo em áreas degradadas (SILVA e MIELNICZUK, 1997).

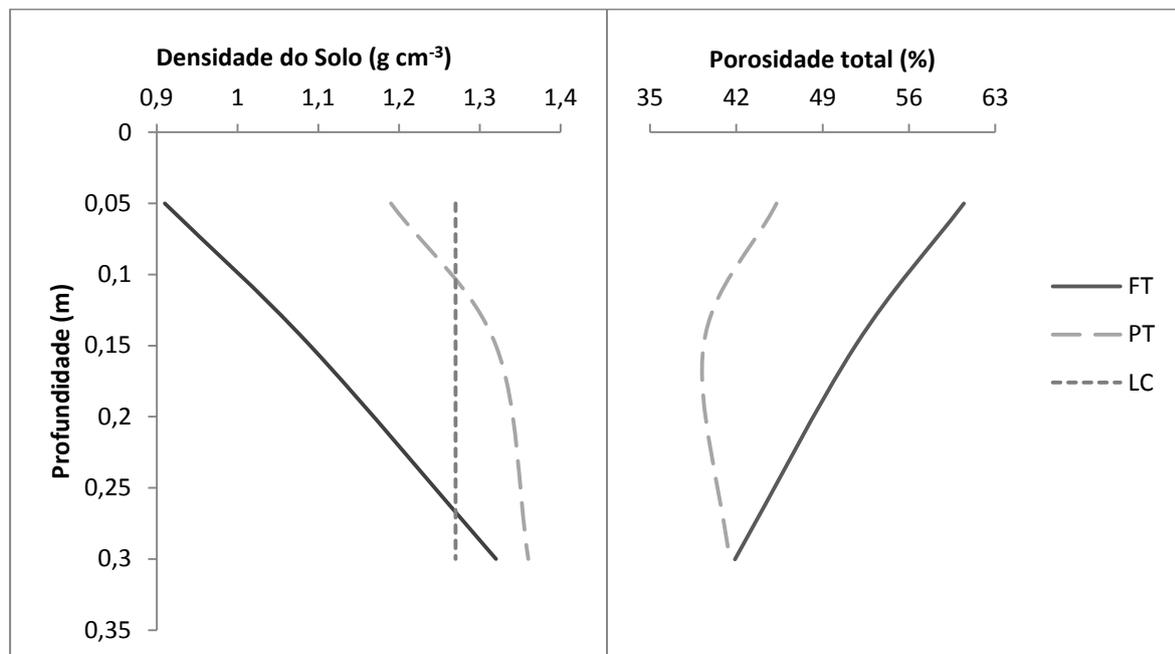
### Compactação do solo

A densidade do solo, a porosidade e a resistência mecânica à penetração são os parâmetros físicos mais utilizados quando se busca caracterizar a compactação dos solos. Segundo Ferreira et al. (2010) a variação nos valores da densidade, em sua maior parte, é proveniente das diferenças no volume total de poros, de modo que densidade e porosidade estão muito relacionadas e por isso são apresentadas de forma conjunta.

A DS na camada de 0-0,05 m da área pastejada foi 30% superior ao da área FT (Figura 3A). Com aumento da profundidade na camada de 0,05-0,15 m esta diferença reduziu para 20%, na camada de 0,15-0,3 m a diferença foi apenas em números absolutos não se mostrando significativa estatisticamente, o que demonstra uma tendência natural dos solos da região ao adensamento em profundidade.

Apesar da diferença significativa quando comparada à área FT, a DS na área PT na camada 0-0,05 m não ultrapassou o limite considerado crítico ao desenvolvimento de plantas de  $1,27 \text{ g cm}^{-3}$  (CORSINI e FERRAUDO, 1999). Este limite foi ultrapassado na camada de 0,5-0,15 m na área PT e apenas na camada de 0,15-0,3 m na área FT.

A porosidade total do solo demonstrou dinâmica semelhante à DS, com diferença significativa entre as áreas nas camadas superiores (0-0,15 m) com tendência a homogeneização em profundidade independente do sistema de manejo do solo (Figura 3B).



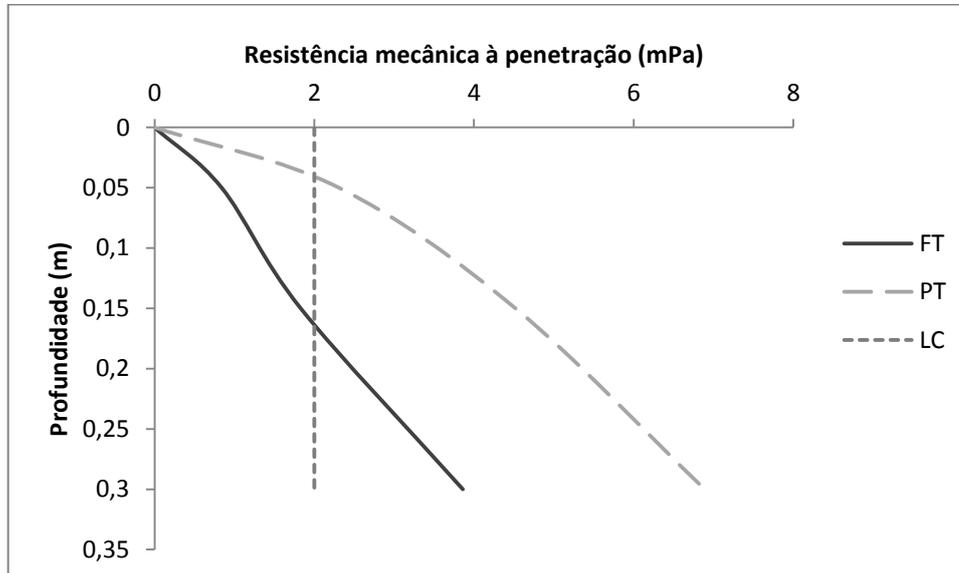
(A)

(B)

**Figura 3.** (A) Densidade do solo nas diversas áreas e profundidades. (B) Porosidade total do solo nas diversas áreas e profundidades. FT – Floresta; PT – Pastagem Extensiva; LC – Limite crítico ao desenvolvimento radicular ( $1,27 \text{ g cm}^{-3}$ ).

A RP mostrou-se elevada e restritiva ao crescimento radicular superior a 2 mPa (ARSHAD et al., 1996) em todas as camadas avaliadas na área PT (Figura 4). Na área FT apenas a camada de 0,15-0,3 m apresentou valores restritivos ao crescimento radicular, o que corrobora com os valores de DS e porosidade indicando o adensamento natural do solo em

profundidade superior a 0,2 m nas áreas estudadas. A RP não demonstrou correlação com a umidade do solo, pois esta se manteve constante em todas as camadas avaliadas próximo de 20%.



**Figura 4.** Resistência mecânica à penetração nas diversas áreas e profundidades. FT – Floresta; PT – Pastagem Extensiva; LC – Limite crítico ao desenvolvimento radicular (2,0 mPa).

Trein et al. (1991) observaram que o pastejo intensivo de bovinos causou o aumento da RP de 0,84 para 4,03 MPa, na camada de 0,0 a 0,07 m de profundidade, variação semelhante a encontrada neste estudo.

O manejo contínuo e excessivo na área, associado à tendência natural de compactação do solo em profundidade, contribuíram para que a RP na área PT aumentasse aritmeticamente em profundidade, sendo que na camada de 0,15-0,3 m este valor (6,88 mPa) foi três vezes superior à camada superficial, diferindo do exposto por Ralich et al. (2008) e Torres et al. (2012) que destacaram que os maiores valores de RP ocorrem nas camadas superficiais (0,0 a 0,10 m).

## CONCLUSÕES

A pastagem demonstrou-se complexa em relação aos parâmetros físicos do solo. A ação das gramíneas contribuiu para índices de agregação elevados, iguais ou superiores aos valores obtidos na área florestada. Todavia o manejo contínuo e com lotação excessiva de animais tem provocado a compactação nas camadas superficiais do solo (0-0,15 m).

Pode-se concluir também que os solos da bacia hidrográfica do Arroio Palmeirinha independente da forma de manejo apresentam tendência natural à compactação a partir dos 0,2 m de profundidade.

## REFERÊNCIAS

ABIEC, Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Pecuária Brasileira**. Disponível em < [http://www.abiec.com.br/3\\_pecuaria.asp](http://www.abiec.com.br/3_pecuaria.asp)>. Acesso em: 29 outubro 2014.

ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B.. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Eds). **Methods for assessing soil quality**. Soil Science Society of America, Madison, p.123-141, 1996.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997.

EMBRAPA. Centro Nacional de pesquisa do solo. **Manual de métodos de análise do solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2013.

FERREIRA, R. R. M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V. M.. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, 31 (4), p.913-932, 2010.

GUIMARÃES FILHO, C.. Paraná tem 2 milhões de hectares de pastagens subaproveitadas. **Gazeta do Povo**. Curitiba, 22 maio 2012. Disponível em < <http://agro.gazetadopovo.com.br/arquivo/parana-tem-2-milhoes-de-hectares-de-pastagens-subaproveitadas/>>. Acesso em: 29 outubro 2014.

GUPTA, S. C.; ALMARAS, R. R.. Models to assess the susceptibility of soils to excessive compaction. **Advances in Soil Sciences**, New York, 6, p.65-100, 1987.

IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Caderno Estatístico Município de Reserva**. 2013. Disponível em: <[www.ipardes.gov.br](http://www.ipardes.gov.br)>. Acesso em: 29 outubro 2014.

KIEHL, E. J.. **Manual de Edafologia: Relações solo planta**. São Paulo: Ceres, 1979.

LAPEN, D.R.; TOPP, G.C.; GREGORICH, E.G. & CURNOE, W.E. Least limiting water range indicator of soil quality and corn production, eastern Ontario, Canada. **Soil and Tillage Research**, Washington, DC, 78 (2), p.151-170, 2004.

MESQUITA, M.G.B.F. & MORAES, S.O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, 34 (3), p.963-969, 2004.

MINEROPAR, Minerais do Paraná. **Mapa de Vulnerabilidade Geoambiental do Estado do Paraná**. Escala 1:650000. 2007. Disponível em <www.mineropar.pr.gov.br>. Acesso em: 04 outubro 2012

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E COMUNICAÇÕES. **Carta topográfica de Reserva – PR**. Folha SG.22-X-A-IV-1. Escala 1: 50000.

MOREIRA, J. A. A.; OLIVEIRA, I. P.; GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F. Atributos químicos e físicos de um Latossolo Vermelho distrófico sob pastagens recuperada e degradada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, 35 (3), p.155-161, 2005.

PEREIRA, A. A.; THOMAZ, E. L.. Hipsometria e Declividade da Bacia Hidrográfica do Arroio Palmeirinha, município de Reserva – PR, utilizando o Software Spring. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013. Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013, p.3494-3501.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G.; PEREIRA, M. G.; FONTANA, A. Efeito da cobertura viva com leguminosas herbáceas perenes na agregação de um Argissolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 26 (3), p. 713-720, 2002.

PERUSI, M.C.; CARVALHO, W.A.. Comparação de métodos para determinação da estabilidade de agregados por via seca e úmida em diferentes sistemas de uso e manejo do solo. **Geociências**. 27 (2), p.197-206, 2008.

POTT, C. A.; DE MARIA, I. C.. Comparação de métodos de campo para determinação da velocidade de infiltração básica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, 27 (1), p. 19-27, 2003.

RALISCH, R.; MIRANDA, T. M.; OKUMURA, R. S.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F. SCOPEL, E.; BALBINO, L. C. Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho Amarelo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, 12 (4) p. 381–384, 2008.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, 27, p.29- 48, 2003.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.C.; FABRÍCIO, A.C.; MACEDO, M.C.M.; BROCH, D.L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32 (1), p.11-21, 2008.

SALVADOR, C. A.. Análise da conjuntura agropecuária safra 2011/2012. Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Paraná (SEAB-PR). **Relatório técnico**, 2011. Disponível em www.seab.pr.gov.br. Acesso em março de 2012.

SECCO, D. **Estados de compactação e suas implicações no comportamento mecânico e na produtividade de culturas em dois latossolos sob plantio direto**. 2003. 171 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

SCHNEIDER, P. R.; GALVÃO, F.; LONGHI, S. J.. Influência do pisoteio de bovinos em áreas florestais. **Revista Floresta**, Curitiba, 19 (1), p. 19-23, 1978.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J.. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 21 (2), p.313-319, 1997.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 15 (2), p.229-235, 1991.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M.. Organic matter and water-stable aggregates in soil. **Journal Soil Science**, Hagerstown, 33 (2), p.141-163, 1982.

TORRES, J. L. R.; RODRIGUES JUNIOR, D. J.; SENE, G. A.; JAIME, D. G.; VIEIRA, D. M. da S.. Resistência à penetração em área de pastagem de capim tifton, influenciada pelo pisoteio e irrigação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, 28 (1), p.232-239, 2012.

TREIN, C. R.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo na rotação aveia+trevo/milho, após pastejo intensivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 15 (1), p. 105-111, 1991.