

## AVALIAÇÃO DA COMPACTAÇÃO EM PLANOSSOLO SOB SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

Wagner de Pontes Pereira<sup>1</sup>Flávio Pereira de Oliveira<sup>2</sup>Pedro Luan Ferreira da Silva<sup>3</sup>Milton César Costa Campos<sup>4</sup>Djail Santos<sup>5</sup>Rodolpho José Almeida Nascimento<sup>6</sup>Kênia Kiola Souza de Farias<sup>7</sup>João Henrique Melo<sup>8</sup>

### RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a resistência do solo à penetração (RP) em um Planossolo sob sistemas integrados de produção agropecuária no Agreste paraibano. O experimento está sendo conduzido na cidade de Alagoinha, PB. O solo da área experimental foi classificado como Planossolo Háptico de textura franco-arenosa. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC) com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: I) *Brachiaria decumbens*; II) Lavoura anual; III) Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) + *Br. decumbens*; IV) Ipê - *Tabebuia alba* + *Br. decumbens*; V) Gliricídia (*Gliricidia sepium*) + *Br. decumbens*. De acordo com os resultados obtidos, a RP variou de baixa a alta entre os tratamentos. O tratamento V apresentou alta RP e o tratamento III apresentou baixa RP. Em relação à profundidade, observou-se que, para a maioria dos tratamentos a camada superficial (0-10 cm) apresentou menor RP, com destaque para o tratamento I.

**Palavras-chave:** Resistência mecânica. Funções do solo. ILPF. Sistema radicular.

### ABSTRACT

The aim of this study was to assess soil penetration resistance (PR) in a Planosols under integrated agricultural production systems in Agreste of Paraíba, Brazil. The experiment is being conducted in the town of Alagoinha, PB. The soil in the experimental area was classified as Planosols with a sandy-loam texture. The experimental design adopted was a randomised block with five treatments and four replications. The treatments were: I) *Brachiaria decumbens*; II) Annual ploughing; III) Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) + *Br. decumbens*; IV) Ipê - *Tabebuia alba* + *Br. decumbens*; V) Gliricídia (*Gliricidia sepium*) + *Br. decumbens*. According to the results obtained, the PR varied from low to high between the treatments. Treatment V showed high PR and treatment III showed low PR. With regard to depth, it was observed that for most treatments the surface layer (0-10 cm) had the lowest PR, with treatment I standing out treatments, the superficial layer presented lower resistance, with the *Brachiaria decumbens* treatment standing out

**Keywords:** Mechanical resistance. Soil functions. ICLF. Root system.

<sup>1</sup>Universidade Federal da Paraíba, Areia/Paraíba, Brasil, Estudante de Agronomia e wagnerr.pontes@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal da Paraíba, Areia/Paraíba, Brasil, Doutor em Ciência do Solo e flavio.oliveira@academico.ufpb.br

<sup>3</sup>Universidade Estadual de Maringá, Maringá/Paraná, Brasil, Estudante de Doutorado em Agronomia e pedroluanferreira@gmail.com

<sup>4</sup>Universidade Federal da Paraíba, Areia/Paraíba, Brasil, Doutor em Ciência do Solo

<sup>5</sup>Universidade Federal da Paraíba, Areia/Paraíba, Brasil, Doutor em Ciência do Solo

<sup>6</sup>Universidade Federal da Paraíba, Areia/Paraíba, Brasil, Doutor em Ciência do Solo

<sup>7</sup>Universidade Federal da Paraíba, Areia/Paraíba, Brasil, Estudante de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo

<sup>8</sup>Universidade Federal da Paraíba, Areia/Paraíba, Brasil, Estudante de Agronomia

## 1. INTRODUÇÃO

A busca pela melhoria da qualidade do solo torna-se crucial para a utilização sustentável de agroecossistemas, uma vez que esses sistemas dependem de componentes físicos, químicos e biológicos interligados (DEXTER, 2004). A densidade, a porosidade, a taxa de infiltração de água e a resistência à penetração são exemplos de atributos que têm sido empregados na avaliação do estado de compactação do solo (LIMA et al., 2004).

Resistência à penetração refere-se a um atributo do solo que tem um impacto direto no crescimento das raízes, influenciando o estabelecimento das plantas, e pode ser resultado dos atributos do solo ou das práticas de manejo empregadas. Na prática, quanto maior a rigidez à penetração do solo, menor será o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, o que pode afetar a produtividade por hectare (DEXTER, 2004). A medição desse atributo pode ser usada para avaliar o impacto dos sistemas de uso e manejo do solo no processo de compactação (SOUZA et al., 2005) e leva em consideração as características físicas do solo em estudo (DEXTER, 2004).

Os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) empregam em si as boas práticas agropecuárias, denominadas de BPA, que se trata do uso sustentável dos recursos de produção tais como, água, luz, nutrientes e

recursos financeiros. Para tal objetivo, emprega-se o conceito dos 4Cs: colocar o componente certo, na época certa, no local certo, pelo motivo certo (ROBERTS, 2007). A integração Pecuária-Lavoura-Floresta (IPLF) é uma estratégia de produção que não apresenta limitações em relação ao tamanho da propriedade ou ao nível tecnológico do produtor rural. Tendo como possibilidades de combinação diferentes sistemas e uma variedade de opções e ajustes necessários, variantes do interesse do produtor e dos aspectos edafoclimáticos e mercadológicos (BARCELLOS et al., 2011).

Vários parâmetros podem ser utilizados para caracterizar o grau de compactação, como a densidade e a porosidade do solo, que são comumente empregadas em determinações (GRANT e LAFONT, 1993). Um desses parâmetros utilizados para se avaliar a compactação do solo é a resistência mecânica à penetração, pois se correlaciona inversamente com o crescimento radicular, sendo eficiente na identificação da compactação, quando acompanhada da umidade do solo (FREDDI et al., 2006). A resistência do solo à penetração está diretamente relacionada com o crescimento das plantas é modificada pelos sistemas de preparo. Com base no exposto, é imprescindível examinar a resistência à penetração do solo em

distintas regiões cultiváveis, a fim de obter sucesso na produção.

A presente pesquisa justifica-se pela relevante importância de compreender a dinâmica, à penetração do solo em Planossolo na região agreste da Paraíba, sob um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área experimental

Para a realização deste estudo foi selecionada uma área experimental da Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária (EMPAER) no município de Alagoinha-PB (06°57'0" S, 35°32'42" W, 317 m. de altitude), onde um experimento com ILPF está sendo conduzido desde o ano de 2015. O município Alagoinha-PB está localizada na microrregião de Guarabira e na mesorregião geográfica do Agreste da Paraíba.

Segundo a classificação Köppen-Geiger, o clima que predomina no município é do tipo As'- tropical quente e úmido, com chuvas de outono-inverno e período chuvoso entre os meses de abril e julho (PEEL, FINLAYSON;

### 2.2. Delineamento experimental, tratamentos e coleta de dados

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC) com cinco

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar resistência mecânica do solo à penetração em Planossolo sob sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta após um período de 8 anos de sua implantação, no Agreste Paraibano.

MCMAHON, 2007). A precipitação média anual dos últimos 10 anos foi de 931,3 mm, com temperatura variando de 20,6 a 23,7 °C e umidade relativa do ar de 83,3% (SILVA; NASCIMENTO, 2020). Segundo Francisco, Medeiros e Santos (2018) a evapotranspiração real anual do município de Alagoinha é de 79,0 mm, com déficit hídrico entre os meses de setembro e fevereiro.

O solo cuja área experimental está inserida foi classificado como Planossolo Háptico Eutrófico méxico solódico com horizonte A moderado e de textura franco arenosa de acordo com SiBCS (SANTOS et al., 2018) e o bioma da região é a Caatinga (IBGE, 2019).

tratamentos e quatro repetições (5 x 4) totalizando 20 parcelas experimentais. As

parcelas experimentais apresentavam dimensão de 38 x 20, com área total de 760 m<sup>2</sup>. Os tratamentos foram compostos pelos seguintes consórcios: I) *Brachiaria decumbens* Stapf; II) Lavoura anual; III) Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) + *Brachiaria decumbens* Stapf.; IV) Ipê (*Tabebuia alba* (Chamisso) Sandwith) + *Brachiaria decumbens* Stapf.; e V) Gliricídia (*Gliricidia sepium*) + *Brachiaria decumbens* Stapf. As espécies florestais foram plantadas em renques triplas, no espaçamento regular 3x 2 m, com a distância de 20 m entre as extremidades das parcelas. Foram realizadas medidas da resistência à penetração do solo (RP) a campo até 30 cm de profundidade com auxílio de um penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf (STOLF et al., 1983). A transformação dos valores de RP da haste do aparelho no solo (cm impacto<sup>-1</sup>) em resistência à penetração (MPa) foi obtida pela fórmula dos “holandeses”, segundo Stolf (1991). Os dados

foram processados em uma planilha de *Excel*. A resistência à penetração foi calculada usando a seguinte fórmula:

$$R = \frac{Mg + mg + \left( \frac{M}{M+m} * \frac{Mg * h}{x} \right)}{A} \quad (1)$$

em que R = resistência mecânica do solo à penetração; M = massa do êmbolo, 4,03 kg; g = aceleração da gravidade; m = massa do aparelho excetuando o êmbolo, 3,24 kg; h = altura percorrida pelo êmbolo, 56 cm; x = penetração do cone no solo, cm/impacto; A = Área basal do cone (cm<sup>2</sup>). Posteriormente, estes valores foram multiplicados pela constante 0,098 para transformação em unidades MPa conforme Arshad et al. (1996).

Na Tabela 1 estão apresentados às classes de resistência à penetração adaptadas do Soil Survey handbook (1993), adaptadas por Arshad et al. (1993), utilizadas para interpretação dos dados obtidos.

**Tabela 1.** Classes de resistência do solo à penetração em MPa.

Classe	Resistência à penetração (MPa)
Extremamente baixa	<0,01
Muito Baixa	0,01 – 0,1
Baixa	0,1 – 1,0
Moderada	1,0 – 2,0
Alta	2,0 – 4,0
Muito Alta	4,0 – 8,0
Extremamente Alta	> 8,0

Fonte: Adaptado de Soil Survey handbook (1993) por Arshad et al. (1996).

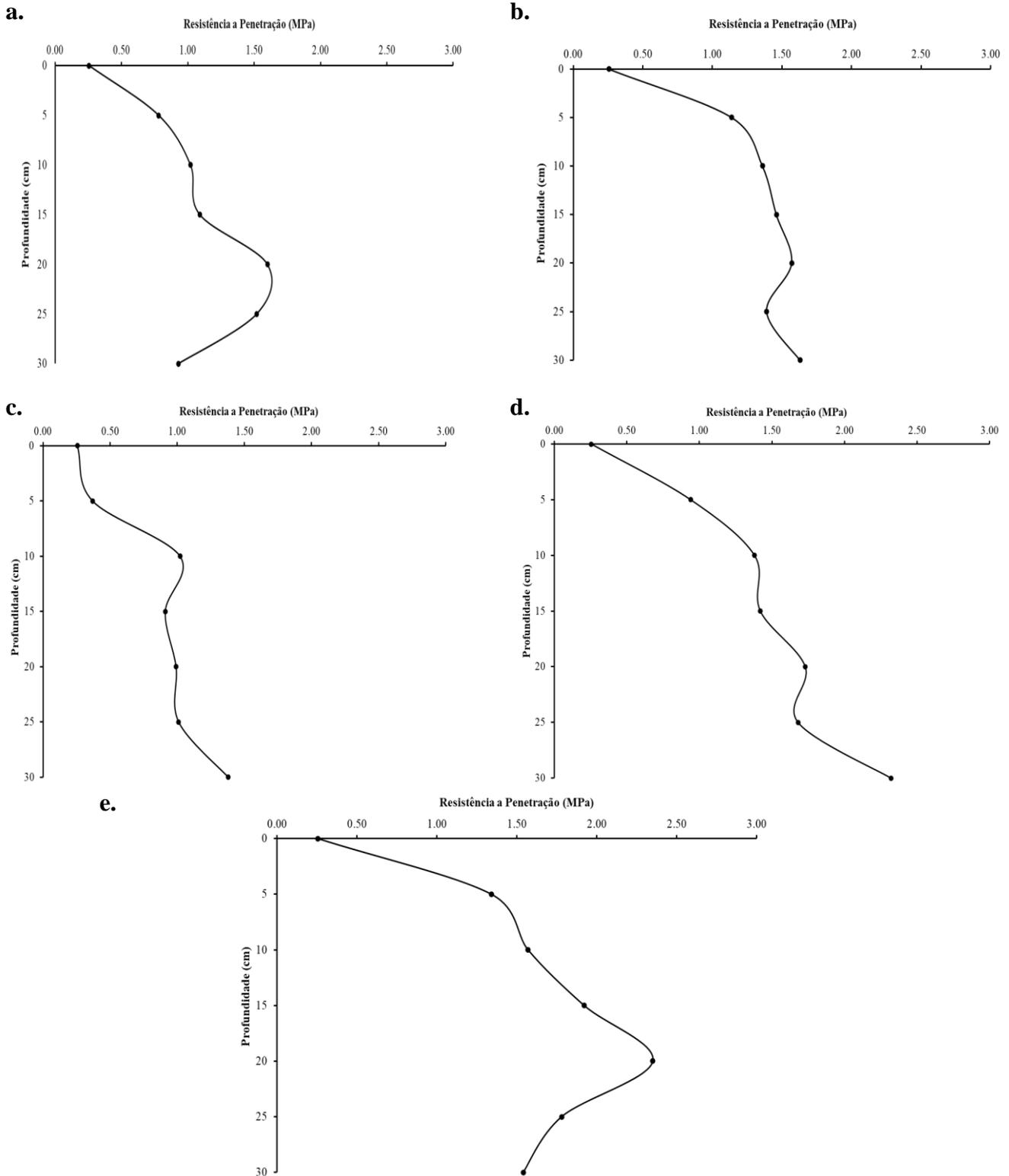
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1(a, b, c, d, e) é possível observar a variação da resistência à penetração de acordo com os tratamentos no sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. Verificou-se que a RP variou de baixa a alta nos diferentes tratamentos avaliados. De acordo com a classificação estabelecida pelo *Soil Survey handbook* (1993). De maneira mais específica, no tratamento *Brachiaria decumbens* (Figura 1a) obteve-se na camada de 0 a 10 cm de profundidade uma RP considerada baixa, por outro lado na camada de 15 a 25 cm de profundidade a RP foi classificada como moderada. Isso implica dizer que houve uma compactação moderada na camada de 20 cm de profundidade, chegando ao máximo de 1,60 MPa, mas houve uma diminuição dessa compactação entre 21 e 30 cm de profundidade.

Avaliando a influência de diferentes sistemas de uso do solo na curva de resistência à penetração, verificaram que a implementação de pastagens pode ser considerada como uma opção tecnicamente viável para a recuperação parcial

da qualidade física do solo (BLAINSKI et al., 2008). Além disso, a maior parte das culturas apresentam cerca de 70% de suas raízes entre 20 e 40 cm de profundidade (LUCAS et al. 2002). Em trabalho realizado por Santana et al. (2014) verificou-se que até 30 cm de profundidade a pastagem apresentou menores valores de RP em relação ao ILPF. Segundo os mesmos autores, no ILPF o aumento de RP é explicado pela menor umidade do solo, sendo que nesse sistema, a umidade tende a ser menor devido ao consumo de água pelas plantas.

De acordo com Vepraskas (1994) quando os valores de RP ultrapassam 2 MPa, o crescimento radicular é considerado restritivo para a maioria das culturas. É importante destacar que a RP exercida pelo solo tende a ser superestimada, já que não necessariamente representa a resistência que as raízes aplicam (VAN LIER e GUBIANI, 2015). Na Figura 1b, observa-se um aumento da RP entre 5 e 30 cm de profundidade, chegando ao valor máximo de 1,63 MPa na profundidade de 30 cm, considerada moderada.



**Figura 1.** Valores médios de resistência à penetração para Planossolo Háplico sob a) *Brachiaria decumbens* Stapf.; b) Lavoura anual (milho + braquiária); c) sob *Brachiaria decumbens* Stapf. + Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*); d) sob *Brachiaria decumbens* Stapf. + Ipê (*Tabebuia alba* (Chamiso) Sandwith); e) *Brachiaria decumbens* Stapf. + Gliricídia (*Gliricidia sepium*).

Na Figura 1c verifica-se que não houve aumento de RP sob o tratamento *Brachiaria decumbens* Stapf. + Sabiá, sendo classificada como baixa, atingindo o valor máximo de 1,38 MPa na camada de 30cm de profundidade. No entanto foi a menor RP observada dentre todos os tratamentos avaliados, isso pode se dar pelo menor pisoteio do gado nas áreas de com o componente sabiá. A RP na camada superficial do solo ocorre devido às alterações das propriedades do solo como densidade e porosidade, que podem ser atribuídas ao pisoteio dos animais, corroborando com Raslisch et al. (2008) e Magalhães et al. (2009). Os valores encontrados para os tratamentos foram <1,1 e 2,5 MPa na camada de 10 a 30 cm de profundidade, estando no limite superior dessa faixa, que segundo Canarache (1990) apresenta pouca limitação ao crescimento das raízes.

Na Figura 3c observamos que o no tratamento *Brachiaria decumbens* Stapf. + Ipê os valores de RP aumentaram de acordo com a profundidade, ou seja, de 10 a 25 cm de profundidade a RP foi classificada como moderada segundo a classificação de *Soil Survey handbook* (1993). Na camada de 30 cm de profundidade obteve um valor de 2,32 MPa, classificada como alta. Valores próximos a 2 MPa são geralmente considerados como restritivos para o crescimento das raízes (BLAINSKI et al., 2008). A resistência mecânica à penetração é indicativa de degradação do solo

e o efeito dessa condição causa impedimento ao crescimento do sistema radicular das plantas devido à restrição de água, nutrientes, ar e espaço para sua expansão (PIGNATARO NETTO et al., 2009), além de influenciar na infiltração e distribuição da água no solo (TAVARES FILHO et al., 2005).

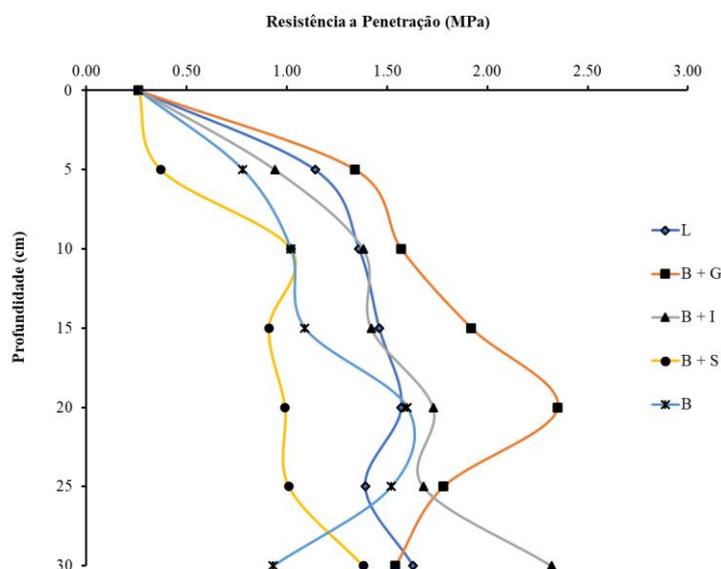
Verifica-se que no tratamento *Brachiaria decumbens* Stapf. + Gliricídia (Figura 1e) houve compactação entre 5 e 25 cm de profundidade, classificando essa condição como RP moderada. Esta compactação pode se dar pelo impacto do pisoteio animal sobre a estrutura do solo. Essa constatação corrobora com o estudo de Conte et al. (2012), que estudaram a evolução de atributos físicos do solo em um sistema de Integração Lavoura-Pecuária observaram maiores valores de RP após o pastejo. Marchão (2007) verificou que os sistemas integrados de produção agropecuária alteram alguns atributos físico-hídricos do solo, acarretando incremento na RP e Ds pelo pisoteio dos animais durante a fase de pastagem na rotação.

Na Figura 2 comparando todos os tratamentos, observa-se que área sob *Brachiaria decumbens* Stapf. + Sabiá apresentou o menor índice de compactação do solo quando comparado aos demais tratamentos, atingindo o máximo de 1,38 MPa na camada de 30 cm de profundidade. Pauletto et al. (1989) constataram que apenas camadas com valores de resistência à penetração superiores a 1,72 MPa devem ser

consideradas compactadas. Eles alertaram que o limite superior de 2,32 MPa pode interferir no desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Por outro lado, o tratamento *Brachiaria decumbens* Stapf. + Gliricídia apresentou um valor mais elevado de RP chegando a 2,35 MPa na camada de 20cm, provavelmente devido às alterações nas condições físicas, como densidade e porosidade, que podem ser atribuídas aos animais ruminantes para manter sua temperatura de acordo com sua zona de conforto debaixo do gliricídia (BAÊTA; SOUZA, 2010).

Segundo Portugal (2016) outros fatores também podem ser citados sobre a influência da compactação como a intensidade e frequência de

pastejo, peso animal, características intrínsecas do solo, teor de matéria orgânica, cobertura do solo, manejo da pastagem, hábito de crescimento das espécies e teor de água no solo. A compactação do solo pelo pisoteio animal ainda é uma grande preocupação apesar dessa problemática ser antiga nos sistemas de produção. Ainda segundo o Kliff (2012), a compactação ocasionada por pisoteio é uma preocupação ao solo de produtores, sendo que diversos estudos na literatura evidenciam este processo. De acordo com Marchão et al. (2007), a compactação ocasionada pelo pisoteio animal depende principalmente, da classe do solo, do teor de umidade, da taxa de lotação animal e da espécie de massa forrageira utilizada.



**Figura 2.** Valores médios de resistência à penetração comparando todas as parcelas sob L) Lavoura Anual; B+G) *Brachiaria decumbens* Stapf. + Gliricídia (*Gliricidia sepium*); B+I) *Brachiaria decumbens* Stapf. + Ipê; B+S) *Brachiaria decumbens* Stapf. + Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) e B) *Brachiaria decumbens* Stapf. em sistema de ILPF.

Na Tabela 2 observa-se os valores máximos de RP conforme a classificação da *Soil Survey handbook* (1993) nos tratamentos, variando de moderada a alta e menor valor encontrado foi para o tratamento *Brachiaria*

*decumbens* com valor de 1,38 MPa, sendo classificado como moderado e o maior valor foi obtido no tratamento *Brachiaria Decumbens.* + Gliricídia com valor de 2,35 MPa, sendo classificado como alto.

**Tabela 2.** Classificação segundo *Soil Survey* para RP máxima do solo.

Tratamentos	RP (MPa) máxima 0-30 cm	Classificação Soil Survey
I <i>Brachiaria decumbens</i>	1,60	Moderada
II Lavoura Anual	1,63	Moderada
III <i>Brachiaria Decumbens.</i> + Sabiá	1,38	Moderada
IV <i>Brachiaria Decumbens.</i> + Ipê	2,32	Alta
V <i>Brachiaria Decumbens.</i> + Gliricídia	2,35	Alta

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A resistência mecânica à penetração segundo a classificação de *Soil Survey handbook* (1993) oscilou de baixa a alta entre os tratamentos. Após um período de oito anos de implantação do ILPF foi possível afirmar que a área de *Brachiaria decumbens* + Gliricídia apresentou uma maior compactação devido ao pisoteio dos animais em relação as outras áreas, sendo classificada como alta.

Os melhores resultados foram encontrados para o tratamento *Brachiaria decumbens* + Sabiá onde teve menor pastejo, com isso obteve-se menores índices de compactação classificada como baixa. Os resultados mostram que na ausência dos animais não há compactação drástica ao solo. Nos

demais tratamentos a resistência à penetração aumentou com a profundidade, não saindo da normalidade chegando a valores moderados.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. **Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.25, p.717-723, 2001.

ALVARENGA, R. C.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, M. C. M.; VILELA, L. **Sistemas Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: condicionamento do solo e a**

intensificação da produção de lavouras. **Informe Agropecuário**, v. 31, n. 257, p. 1-9, 2010.

ARAÚJO, E.A.D.; KER, J.C.; NEVES, J.C.L.; LANI, J.L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 187-206, 2012.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W.J.; LACERDA, M.P.C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 1099-1108, 2007.

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; A.J.; (Eds). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, p. 123-141, 1996. (SSSA Special publication, 49).

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2 ed. Viçosa: UFV, 269p. 2010.

BALBINO, L.C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF)**. Brasília, DF: Embrapa, 2011. 130p.

BENGOUGH, A. G.; CAMPBELL, D. J.; O' SULLIVAN, M. F. Penetrometer Techniques in

relation to soil compaction and root growth. In: **Soil and environmental analysis: physical methods**. 2. ed. [s.l.]: Marcel Dekker. 2001, p. 377-403.

BERTOLANI, F.C.; VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial da taxa de infiltração de água e da espessura do horizonte A, em um Argissolo-Amarelo, sob diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.3, p.987-995, 2001.

BLAINSKI, É.; TORMENA, C. A., FIDALSKI, J.; GUIMARÃES, R. M. L. Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 975-983, 2008.

CANARACHE, A. PENETR - A generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil and Tillage Research**, v. 16, n. 1-2, p. 51-70, 1990.

DEXTER, A. R. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, v.120, n. 1, p.201-214, 2004.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D. **Balanço hídrico climatológico para a capacidade de campo de 100 mm –**

**estado da Paraíba** (1. ed.). Campina Grande: EDUEFCG. 2018.

FREDDI, O. S.; CARVALHO, M. P.; VERONESI JUNIOR, V.; CARVALHO, G. J. Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 1, p. 113-121, 2006.

GRANT, C. A.; LAFONT, G. P. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance on a clay soil in southern Saskatchewan. **Canadian Journal of Soil Science**, v.73, n. 2, p.223-232, 1993.

IBGE (Brasil). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Biomas e Sistema Costeiro-Marinheiro do Brasil**. Brasil: IBGE, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/15842-biomas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 18 Maio 2023.

LIMA, C.L.R.; SILVA, A.P.; IMHOFF, S.; LEÃO, T.P. Compressibilidade de um solo sob sistemas de pastejo rotacionado intensivo irrigado e não-irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 8, p.945-951, 2004.

LUCAS, A. A. T.; FRIZZONE, J. A.; COELHO FILHO, M. A. Características de distribuição radicular de maracujazeiro sob fertirrigação. **Irriga**, v. 17, n. 2, p. 245-801, 2002.

MAGALHÕES, W.; CREMON, C.; MAPELI, N. C.; SILVA, W. M.; CARVALHO, J. M.; MOTA, M. S. Determinação da resistência do solo a penetração sob sistemas de cultivo em um Latossolo sob Bioma Pantanal. **Agrarian**, v. 2, n. 6, p. 21-32, 2009.

MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura pecuária no cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n. 6, p.873-882, 2007.

PAULETTO, E.A.; GOMES, A.S. & NACHTIGALL, G.R. Produtividade do Arroz Irrigado em Sistemas de Cultivo Contínuo e em Rotação com Soja e Milho. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 18, Porto Alegre, 1989. **Anais**. Porto Alegre, IRGA, 1989. p.150-60.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification.

**Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, n. 4, p. 1633-1644, 2007.

PIGNATARO NETTO, I. T.; KATO, E.; GOEDERT, W. J. Atributos físicos e químicos de um Latossolo vermelho-amarelo sob pastagens com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1441-1448. 2009.

KLFF. 2012. **Compactação do Solo por Pisoteio Animal**. Disponível em: <http://www.portalklff.com.br/publicacao/oldlink-1051>. Acesso em: 06 jun. 2023.

PORTUGAL, N. R. N. **Compactação do solo por atividades agropecuárias**. Monografia (Especialização em Tecnologia em Gestão Ambiental). Ariquemes: Faculdade de Educação e Meio Ambiente., 2016. 27p.

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

ROBERTS, T. L. **Right product, right rate, right time, right place ... the foundation of**

**BPMs for fertilizer. In: Fertilizer Best Management Practices**. Paris: IFA, 2007. p. 29-32.

Disponível em <http://www.Fertilizer.org/ifa/HomePage/LIBRARY/Publication-database.html/ight-Product-Right-Rate-Right-Timeand-Right-Place-the-Foundation-of-Best-Management-Practices-for-Fertilizer.html>.

Acesso em: 18 Maio. 2023.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. Á.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** (5. ed.). Brasília, DF: Embrapa. 2018.

SILVA, P. L. F.; NASCIMENTO, R. S. Climatological water balance and aridity index to municipalities of micro-region of Guarabira, Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 14, n. 2, p. 125-139, 2020.

**SOIL SURVEY STAFF**. Washington DC: U.S. Government Printing Office, 1993. (Department of Agriculture Handbook n. 18).

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B. Atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 11, p. 1135-1139, 2005.

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

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. **Recomendação para uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planasulcar-Stolf. R. STAB – Açúcar, Álcool e Subpr.**, 1:18-23, 1983.

TAVARES FILHO, J.; GRIMALDI, M.; TESSIER, D. Compressibilidade de agregados

de um Latossolo Amarelo da Amazônia em resposta ao potencial da água do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 4, p. 489-495. 2005.

VAN LIER, Q. de J.; GUBIANI, P.I. Beyond the “Least Limiting Water Range”: rethinking soil physics research in Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.39, n. 4, p.925-939, 2015.

VEPRASKAS, M.J. Plant response mechanisms to soil compaction. In: WILKINSON, R. (Ed.). **Plant Environment Interactions**. New York: M. Dekker, p. 263-287. 1994.