

## CAPÍTULO 3

# RESISTÊNCIA DO SOLO A PENETRAÇÃO EM ÁREAS SOB SISTEMA DE PRODUÇÃO PECUÁRIA

*Data de submissão: 16/01/2025*

*Data de aceite: 03/02/2025*

### **Everton Martins Arruda**

Universidade do Estado de Mato Grosso  
Nova Xavantina – Mato Grosso

### **Rômulo Augusto de Assis Júnior**

Universidade do Estado de Mato Grosso  
Nova Xavantina – Mato Grosso

### **Silvio Yoshiharu Ushiwata**

Universidade do Estado de Mato Grosso  
Nova Xavantina – Mato Grosso

### **Renata Rossi Del Carratore**

Universidade do Estado de Mato Grosso  
Nova Xavantina – Mato Grosso

### **Marcos Paulo dos Santos**

Instituto Federal de Mato Grosso do Sul  
Nova Andradina – Mato Grosso do Sul

### **Risely Ferraz Almeida**

Universidade do Estado da Bahia  
Conceição do Coité – Bahia

### **Kevein Ruas Oliveira**

Universidade Estadual Paulista Júlio de  
Mesquita Filho  
Jaboticabal – São Paulo

### **Dhiego César Oliveira Riva Neto**

Universidade Estadual Paulista  
Ilha Solteira – SP

**RESUMO:** A compactação do solo é um problema que reduz a porosidade do solo, impactando negativamente a circulação de ar, água e o fluxo de nutrientes, além de dificultar o crescimento radicular das espécies forrageiras. Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a resistência do solo à penetração em áreas sob sistemas de produção em atividade pecuária. Foram estudadas cinco áreas com os usos do solo com: (i) *Urochloa brizantha* (Braquiária brizantha; Braquiário), (ii) *Urochloa humidicola* (Braquiária humidícola; Quicuio), (iii) *Megathyrsus maximus* (BRS Zuri), (iv) área em conversão para agricultura com o primeiro ano de produção de soja, (v) área de Cerrado natural. O monitoramento foi baseado em quatro repetições. Nas áreas monitorou a qualidade física do solo usando a resistência do solo à penetração nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Resultados demonstraram que as áreas de *Megathyrsus maximus*, soja em primeiro ano e o Cerrado apresentaram baixos valores de resistência do solo à penetração, indicando ausência de compactação. A área de *Urochloa brizantha* demonstrou altos valores de resistência do solo à penetração nas profundidades 0-20, 20-40 e 40-60 cm, enquanto que a área de *Urochloa humidicola*

apresentou altos valores de resistência à penetração somente na camada 40-60 cm. Com base nos resultados, conclui que as áreas de *Urochloa* apresentam sinais de compactação do solo, podendo resultar em limitações ao crescimento radicular, à absorção de nutrientes e ao desenvolvimento de espécies forrageiras.

**PALAVRAS-CHAVE:** Compactação; Pisoteio Animal; Pastagens; Forrageiras.

## SOIL RESISTANCE TO PENETRATION IN AREAS UNDER LIVESTOCK PRODUCTION SYSTEM

**ABSTRACT:** Soil compaction is a problem that reduces soil porosity, negatively affecting air and water circulation and nutrient flow, as well as hindering the root growth of forage species. Therefore, the objective of this research was to evaluate soil penetration resistance in areas under production systems involving livestock. Five areas with different soil/land uses were studied: (i) *Urochloa brizantha* (Brachiaria brizantha; Braquiário), (ii) *Urochloa humidicola* (Brachiaria humidicola; Quicuio), (iii) *Megathyrsus maximus* (BRS Zuri), (iv) an area transitioning to agriculture with the first year of soybean production, and (v) a natural Cerrado area. Sampling was based on monitoring each area four times (four repetitions). The physical quality of the soil was assessed in these areas using soil penetration resistance at the following depths: 0–20 cm, 20–40 cm, and 40–60 cm. Results showed that the *Megathyrsus maximus*, first-year soybean, and natural Cerrado areas had low soil penetration resistance values, indicating no compaction. The *Urochloa brizantha* area exhibited high soil penetration resistance values at depths of 0–20 cm, 20–40 cm, and 40–60 cm, while the *Urochloa humidicola* area showed high penetration resistance values only at the 40–60 cm layer. Based on these results, it is possible to conclude that the *Urochloa* area showed signs of soil compaction, which may result in limitations to root growth, nutrient uptake, and the development of forage species.

**KEYWORDS:** Compaction; Animal trampling; Pastures; Forage.

## 1 | INTRODUÇÃO

A atividade pecuária demanda de análises detalhadas no sistema de produção para garantir um aproveitamento máximo das forrageiras e evitar perdas significativas de produtividade. Entre os desafios que se destacam, a compactação dos solos tem sido preocupante, sendo importante adotar estratégias de manejo para mitigar os efeitos negativos, buscando evitar a ocorrência em níveis prejudiciais (REICHERT et al., 2007).

A compactação do solo é um problema que ocorre quando há uma diminuição na porosidade do solo, resultando na redução do espaço para circulação de água, ar e nutrientes. Esse fenômeno pode ser causado por uma série de fatores, incluindo o tráfego de máquinas e implementos de forma inadequada, além do pisoteio dos animais (BITENCOURT JUNIOR et al., 2021).

As áreas de pastagens podem ser afetadas pela compactação do solo de várias maneiras, dependendo de fatores como o manejo do pasto, o tipo de solo e as condições

climáticas (GURGEL et al., 2020). A compactação ocorre quando a pressão exercida sobre o solo é maior do que a capacidade do solo de suportar a pressão, resultando em diminuição do espaço poroso (SILVA; CABEDA, 2006).

O pisoteio constante de animais, como os bovinos podem contribuir para a compactação do solo, especialmente em áreas de pastejo intensivo. Essas atividades afetam diretamente a estrutura do solo, comprimindo os espaços porosos e reduzindo a capacidade de retenção de água, circulação de ar e troca de nutrientes (VZZOTTO et al., 2000).

Outro ponto importante é quando há um excesso de animais em uma determinada área, podendo ocorrer o que denominamos de superpastejo, no qual os animais consomem a vegetação de forma intensa e contínua, deixando pouca cobertura vegetal no solo. Isto resulta em aumento da pressão exercida pelos cascos dos animais sobre o solo, levando à compactação e à degradação da estrutura (NERY et al., 2017).

A identificação da compactação do solo pode ser realizada por meio do uso do penetrômetro de impacto (CORDEIRO et al., 1998). Este equipamento consiste em uma haste metálica com um cone na extremidade inferior, que é inserida verticalmente no solo com um golpe de impacto. A profundidade até onde o cone penetra no solo é registrada e utilizada como uma medida da resistência do solo à penetração (STOLF et al., 2014).

A compactação do solo representa um risco para produtividade dos animais na pecuária, as perdas são representadas pela redução na produção de biomassa e menor qualidade nutricional das forrageiras, prejudicando o ganho de peso e reduzindo a taxa de lotação. A compactação do solo pode até levar à degradação das pastagens, tornando-as mais suscetíveis à erosão e ao surgimento de plantas invasoras (LANZANOVA et al., 2007; TASSI et al., 2021).

O solo compactado também dificulta a penetração das raízes das forrageiras, limitando o acesso aos nutrientes e a água disponível no solo. Isso pode resultar em um sistema radicular superficial e menos desenvolvido, o que torna as plantas mais vulneráveis a condições de estresse, como períodos de seca ou chuvas intensas (SOUZA et al., 2020).

Diante dessas informações é necessário conhecer as modificações físicas que podem ocorrer nos solos em relação ao manejo adotado. Estas pesquisas são importantes para prevenir possíveis reduções de produtividade das forrageiras no bioma Cerrado. Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a resistência do solo à penetração em áreas sob sistemas de produção em atividade pecuária.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em março de 2023, na fazenda Rodeio II, município de Água Boa – MT, situada entre as coordenadas 13°53'44" sul e longitude 52°17'10" oeste, com altitude de 350 m. O clima local é classificado como tropical e possui duas estações bem

definidas (verão chuvoso e inverno seco). O índice pluviométrico anual varia entre 2000 a 2200 mm e a temperatura média anual é de 30 °C. Esta região pertence ao bioma Cerrado. O solo desta propriedade é um LATOSOLO VERMELHO AMARELO (EMBRAPA, 2018).

Foram avaliadas cinco áreas na propriedade rural, apresentando os respectivos sistemas de produção pecuária: (i) *Urochloa brizantha* (Braquiária brizantha; Brauiarão), (ii) *Urochloa humidicola* (Braquiária humidícola; Quicuio), (iii) *Megathyrsus maximus* (BRS Zuri), (iv) área em conversão para agricultura com o primeiro ano de produção de soja, (v) área de Cerrado natural, em quatro repetições por área, conforme Tabela 01:

Área de estudo	Histórico de uso e manejo
<i>Urochloa brizantha</i>	Esta pastagem apresentava sinais de degradação, alta taxa de lotação de animais (4 UA/hectare), ausência de correção da acidez do solo e adubação ao longo dos anos. Não houve preparo de solo e a última reforma da pastagem ocorreu a aproximadamente 10 anos. A criação é de animais da raça Nelore em sistema extensivo de produção e a atividade explorada é da fase cria. A área possui cerca de 98 hectares. O solo apresentava de 35% a 40% de argila.
<i>Urochloa humidicola</i>	Esta pastagem apresentava boa oferta da forrageira, baixa taxa de lotação animal (0,5 UA/hectare), ausência de correção da acidez do solo e adubação ao longo dos anos. Não houve preparo de solo e a reforma da pastagem ocorreu a aproximadamente 10 anos. A criação é de animais da raça Nelore em sistema extensivo de produção e a atividade explorada é da fase cria. A área possui cerca de 60 hectares. O solo apresentava de 35% a 40% de argila.
<i>Megathyrsus maximus</i>	Esta pastagem apresentava boa oferta da forrageira. A taxa de lotação animal de 1 UA/hectare. É realizada adubação anual com fertilizante mineral N-P-K aplicados a lanço. A criação é de animais com aptidão para pecuária leiteira da raça girolando e também animais mestiços em fase de recria. A área possui cerca de 20 hectares. O solo apresentava de 35% a 40% de argila.
Cerrado	É uma área destinada para conservação ambiental, contendo vegetação natural preservada com espécies predominantes do bioma Cerrado. Esta área não apresentava interferência antrópica. A área possui cerca de 40 hectares. O solo apresentava de 35% a 40% de argila.
Soja (1º ano)	É uma área em primeiro ano de produção de grãos de soja. Anteriormente estava em pastagens de <i>Urochloa brizantha</i> em sinais de degradação. Foi realizado o preparo do solo utilizando uma grade de 34 polegadas, em seguida foi realizada aplicação de 4 toneladas de calcário calcítico e 3 toneladas de calcário dolomítico. A área possui cerca de 80 hectares. O solo apresentava de 35% a 40% de argila.

Tabela 01: Histórico de uso e manejo do solo em áreas de sistemas de produção pecuária na fazenda Rodeio II, município de Água Boa – MT.

Para realização da coleta dos dados, utilizou-se um penetrômetro de impacto, modelo IAA/Planalsucar-Stolf. A profundidade em que o penetrômetro foi inserido no solo é de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. O peso do aparelho que provoca a penetração foi de 4 kg, tendo uma queda livre de 400 mm. A penetração no solo é lida na própria haste do penetrômetro, que é graduada em centímetros. A grandeza definida para estimar a compactação do solo por meio da Resistência do solo a penetração é o MPa.

A conversão dos dados para MPa teve sua estimativa de acordo com as recomendações de penetrometria, conforme recomendações de Stolf (1983). Os índices de resistência à compactação do solo são classificados de acordo com Staff (1993) da

seguinte maneira: extremamente baixa < 0,01, muito baixa 0,01 a 0,1, baixa 0,1 a 1,0, moderada 1,0 a 2,0, alta 2,0 a 4,0, muito alta 4,0 a 8,0 e extremamente alta > 8.

Para fazer a coleta das amostras de umidade do solo utilizou-se um trado holandês para coletar amostras de solo nas profundidades 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Em cada tratamento foram coletadas quatro amostras de solo das profundidades citadas, em seguida colocou-se as amostras de cada profundidade em um balde, realizou-se a homogeneização destas amostras, e logo após estas foram colocadas em sacos plásticos para levar até o laboratório.

No laboratório, utilizou-se uma balança analítica para mensurar a massa seca do solo em copos de alumínio, que posteriormente foram tarados e identificados. Foram designadas 100 gramas de amostras úmidas nas profundidades 0-20, 20-40 e 40-60 cm de cada tratamento para efetuar a pesagem; em seguida, as amostras de solos foram colocadas em uma estufa a 105° durante 24 horas, e após esse período as amostras foram retiradas da estufa e submetidas a uma nova pesagem, para quantificar o peso do solo seco. Depois da pesagem foram realizados os cálculos de umidade do solo (LIER, 2010), conforme Tabela 02.

Profundidade (cm)	Sistemas de Cultivo				
	<i>Urochloa brizantha</i>	<i>Urochloa humidicola</i>	<i>Megathyrsus maximus</i>	Soja 1º ano	Cerrado
0 – 20	16,5	20,3	24,6	23,2	17,0
20 – 40	21,4	20,1	20,9	23,8	17,2
40 – 60	23,0	20,9	22,0	23,0	17,5

Tabela 02: Umidade do solo (%) em áreas de produção de forrageiras, soja em primeiro ano e Cerrado natural na fazenda Rodeio II, município de Água Boa – MT.

Os resultados obtidos foram avaliados estatisticamente pela análise de variância (Teste de F) e quando os resultados apresentaram diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ), utilizando o programa estatístico SISVAR (Sistema de Análises Estatísticas, versão 5,6) (FERREIRA, 2011).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos de Resistência do Solo à Penetração (RP) oscilaram entre 0,9 a 3,1 MPa, apresentando diferenças significativas tanto para comparações entre as profundidades do solo como em relação aos sistemas de produção pecuária (Figura 01).

A área de conversão para soja em primeiro ano de cultivo apresentou os menores valores de RP (0,9 MPa) entre os tratamentos para profundidade de 0-20 cm, embora não tenha demonstrado diferença significativa em comparação com a área de *Megathyrsus maximus*. No entanto, a área de soja em primeiro ano diferiu das áreas de *Urochloa*

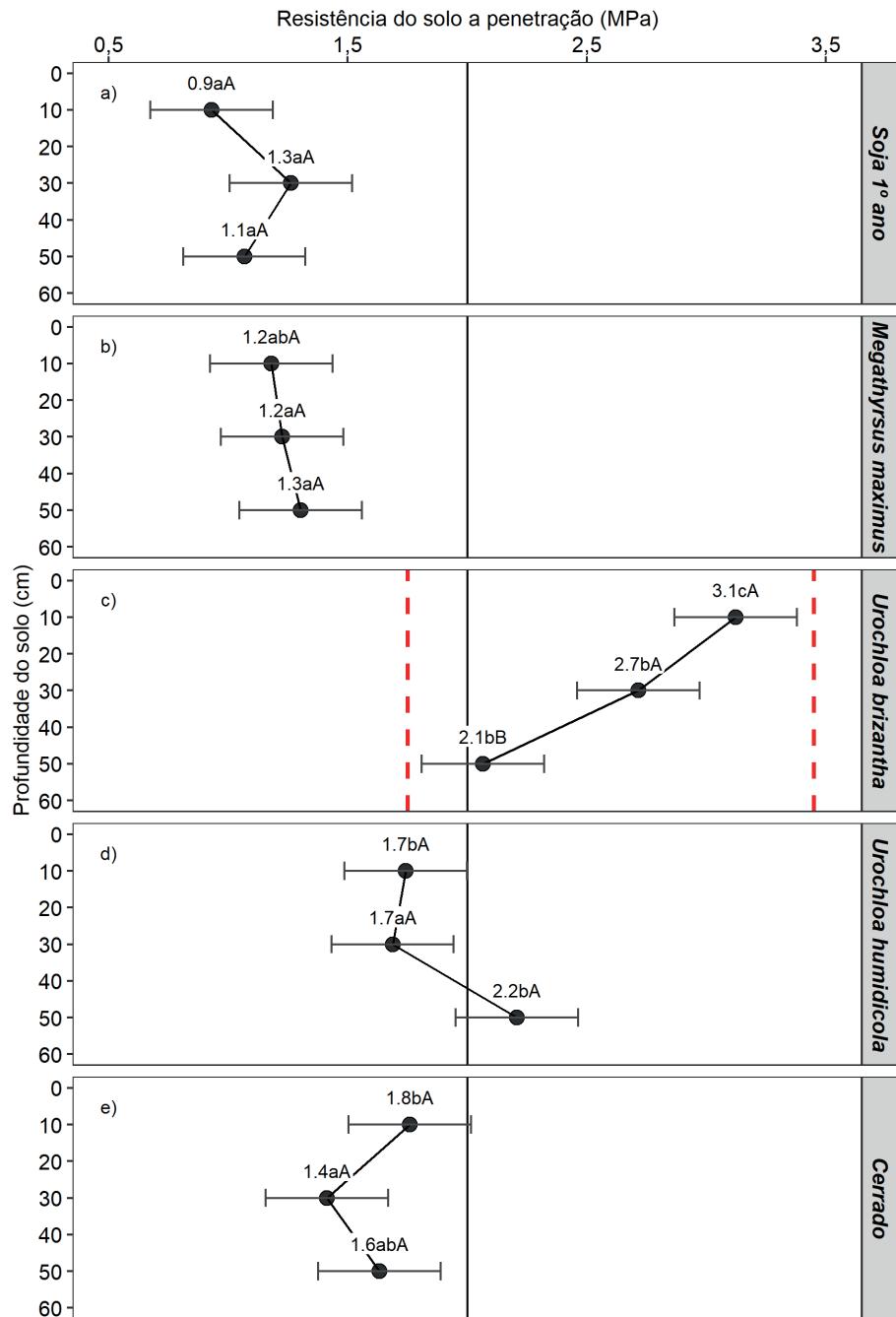
*brizantha*, *Urochloa humidicola* e Cerrado natural, indicando que em comparação com essas áreas, no cultivo de soja em primeiro ano ocorreu menor compactação do solo.

Os valores de RP observados na área de soja de primeiro ano são decorrentes das práticas agrícolas empregadas, incluindo o manejo do solo como a gradagem, pois o revolvimento do solo reduz os valores de RP, resultando em menor compactação do solo. Após a colheita da soja, foi realizada a segunda safra com semeadura de milheto e *Urochloa ruziziensis*, contribuindo com a adição de palhada no solo por meio dos restos de colheita e das plantas de cobertura.

As práticas de manejo do solo como a gradagem e o controle de tráfego de máquinas são práticas recomendadas para manter a estrutura do solo favorável ao crescimento das raízes (STEFANOSKI et al., 2013; SOUZA et al., 2020). Também tem sido relatado que a adoção do sistema de plantio direto, rotação de culturas com o uso de gramíneas e a correção da acidez do solo têm contribuído para baixos valores de RP (ARRUDA et al., 2024).

De acordo com Embrapa (2016), a inserção do milheto nos sistemas de produção agrícola traz benefícios para estrutura do solo, aumentando a porosidade do solo. Essa melhoria na porosidade do solo é importante para o desenvolvimento das raízes, permitindo maior crescimento das plantas. A maior porosidade também facilita a infiltração de água e aeração do solo, fatores que são determinantes para a eficiência do uso da água pelas plantas.

A área de *Urochloa brizantha* apresentou os maiores valores de RP nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, sendo valores de 3,1 e 2,7 MPa, respectivamente, indicando compactação do solo e apresentando diferença estatística em relação aos demais sistemas de produção, conforme a Figura 1.



Letras minúsculas distintas diferem entre si nos sistemas de cultivo.

Letras maiúsculas distintas diferem entre si nas profundidades avaliadas.

Figura 1: Resistência do Solo à Penetração (RP) em áreas de soja 1º ano (A), *Megathyrsus maximus* (Zuri) (B), *Urochloa brizantha* (C), *Urochloa humidicola* (D) e Cerrado natural (E), nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, na fazenda Rodeio II, município de Água Boa – MT.

Na área com *Urochloa brizantha* foram verificados sinais de degradação, devido à alta taxa de lotação de animais e à ausência de práticas de manejo, como adubação das forrageiras e pastejo rotacionado, ao longo de aproximadamente dez anos. Esses fatores contribuíram para os elevados valores de RP.

A elevada taxa de lotação animal em áreas de pastagens leva ao superpastejo, que reduz a cobertura vegetal para a proteção do solo contra erosão. A falta de vegetação expõe o solo à erosão hídrica e eólica, removendo a camada superficial rica em nutrientes. O pisoteio animal intensifica a compactação do solo, reduzindo a porosidade e a capacidade de infiltração de água, dificultando o desenvolvimento das raízes das plantas e aumentando o escoamento superficial (LIMA et al., 2023).

A pressão exercida pelo pisoteio animal pode alterar as características do solo quando não se respeita a pressão mínima de pré-consolidação, o que geralmente leva à sua compactação (PARENTE; MAIA, 2011). Esse processo pode resultar em altos níveis de resistência do solo à penetração, os quais são difíceis de reverter e, consequentemente, contribuem significativamente para degradação das pastagens (VZZOTTO et al., 2000).

Na profundidade de 20-40 cm, tivemos quatro tratamentos que não apresentaram diferenças significativas entre si, incluindo a área de soja em primeiro ano, *Megathyrsus maximus*, *Urochloa humidicola* e Cerrado natural.

Na profundidade de 40-60 cm é possível notar que os valores médios de RP variaram de 1,1 até 2,2 MPa, sendo a área de soja no primeiro ano de cultivo e *Megathyrsus maximus* apresentaram valores similares quando comparadas a área de Cerrado natural. Todavia, as áreas de *Urochloa brizantha* e *Urochloa humidicola* apresentaram valores elevados de RP em torno de 2,1 e 2,2 MPa, respectivamente, os quais ultrapassaram as médias de 2,0 MPa, sendo considerado um alto nível de RP (STAFF, 1993). Ainda que essas áreas sejam consideradas moderadamente compactadas, esses valores indicam um grau de compactação que pode impactar negativamente o desenvolvimento radicular das plantas (LIMA et al., 2023).

Em relação às profundidades de avaliação, não houve diferenças significativas para RP ao comparar as profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm na área de soja de primeiro ano. A ausência de diferenças nestes resultados entre as profundidades pode estar relacionada às práticas de manejo adotadas na área, como o uso de gradagem durante o preparo do solo.

O sistema de produção com *Megathyrsus maximus*, *Urochloa humidicola* e o Cerrado natural também não apresentaram diferenças estatisticamente significativas para RP entre as profundidades de solo 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm. A ausência de diferença estatística entre as profundidades nas áreas de *Megathyrsus maximus* e *Urochloa humidicola* podem ser atribuídas a maior oferta de biomassa verde e menor taxa de lotação de animais nestes sistemas de produção. E, na área de Cerrado natural, provavelmente devido ao fato de que está área não é submetida às práticas agropecuárias.

## 4 | CONCLUSÃO

As áreas de *Megathyrsus maximus*, soja em primeiro ano e de Cerrado apresentam baixos valores de resistência do solo à penetração, indicando ausência de compactação.

A área de *Urochloa brizantha* demonstra altos valores de resistência do solo à penetração nas profundidades 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm, enquanto que a *Urochloa humidicola* apresenta valores de resistência à penetração elevados somente na profundidade 40-60 cm. Estas áreas apresentam sinais de compactação dos solos e podem resultar em limitações para o crescimento radicular, absorção de nutrientes e o desenvolvimento das espécies forrageiras.

## REFERÊNCIAS

ARRUDA, E. M.; RIBEIRO, R. G.; USHIWATA, S. Y.; SANTOS, M. P.; ALMEIDA, R. F.; SOUZA, M. E.; RIVA NETO, D. C. O.; ZARPELLON, C. S. S. Resistência do solo a penetração em sistemas de produção de soja. **Revista Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 08, p. 01-15, 2024.

BITENCOURT JUNIOR, D. B.; SUZUKI, L. E. A. S.; PAULETTO, E. A.; BAMBERG, A. L.; NUNES, M. R.; PERAZZOLI, D. Estrutura e água disponível de um Cambissolo submetido a períodos de pasto rotacionado. **Agroamazon**, v. 1, n. 1, p. 50-59, 2021.

CORDEIRO, D. G.; BATISTA, E. M.; AMARAL, E. F. Utilização do equipamento penetrômetro de cone para identificação dos níveis de compactação do solo. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária: Centro de pesquisa Agroflorestal do Acre**. n. 15. p. 1-2. 1998.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cultivo de Milheto. Sete Lagoas: **EMBRAPA Milho e Sorgo**, 2016.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de classificação de Solos. Rio de Janeiro: **EMBRAPA Solos**, 2018.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GURGEL, A. L. C.; SANTANA, J. C. S.; THEODORO, G. F.; DIFANTE, G. S.; ALMEIDA, E. M.; ARCANJO, A. H. M.; COSTA, C. M.; COSTA, A. B. G.; FERNANDES, P. B. Compactação do solo: Efeitos na nutrição mineral e produtividade de plantas forrageiras. **Revista Científica Rural**, v. 22, n. 1, p. 13-29, 2020.

LANZANOVA, M. E.; NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C. C.; REINERT, D. J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1131-1140, 2007.

LIER, Q. J. V. Física do solo. 1 Edição. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2010.

LIMA, A. F. L.; BRITO FILHO, E. G.; CAMPOS, M. C. C.; BONDADE, B. B.; ALMEIDA, R. G.; PINHEIRO, E. N.; CAVALCANTE, E. C.; OLIVEIRA, F. P. Pastagens amazônicas: uma revisão sobre o avanço da pecuária sobre as terras amazônicas. **Revista Valore**, v. 8, p. 37-50, 2023.

NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N.; SOUSA, A. G.; SANTOS, F. F. C.; NERE, D. E. R. Infiltração da água nos solos cultivados com palma forrageira e pastagem no IFCE campus Crato. **Revista Acta Kariri Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 2, n. 1, p. 56-61, 2017.

PARENTE, H. N.; MAIA, M. O. Impacto do pastejo sobre a compactação dos solos com ênfase no Semiárido. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 5, n. 3, p. 03-15, 2011.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 5, p. 49-134, 2007.

SILVA, A. J. N.; CABEDA, M. S. V. Compactação e compressibilidade do solo sob sistemas de manejo e níveis de umidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 921-930, 2006.

SOUZA, J. F. D.; BONINI, C. S. B.; MATEUS, G. P.; SOUZA, C. T.; PERUSSO, R. L. S.; PEDRO, F. G.; OLIVERIO, G. L. Compactação do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta após cinco anos de implantação e uso. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 19, n. 3, p. 348-353, 2020.

STAFF, S. S. Soil survey manual. Washington, **USDASCS. U. S. Gov. Print. Office**, 1993.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, 2013.

STOLF, R., FERNANDES, J., FURLANI NETO, V.L. Recomendação para o uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf. Piracicaba: **IAA/PLANALSUCAR**, Boletim n. 1, 1983, 9 p.

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**, v. 38, n. 3, p. 774-782, 2014.

TASSI, C. J.; LANZANOVA, M. E.; SOUZA, E. L.; SILVA, D. M.; REDIN, M.; RAMIRES, M. F. Compactação do solo em sistema de integração lavoura pecuária sob plantio direto. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**, v. 6, n. 2, p. 1-20, 2021.

VZZOTTO, V. R.; MARCHEZAN, E.; SEGABINAZZI, T. Efeito do pisoteio bovino em algumas propriedades físicas do solo de várzea. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 6, p. 965-969, 2000.