



FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

TÚLIO TAVARES BORGES

**RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO DOS SOLOS EM ÁREA DE PASTAGENS
IMPLANTADAS NO MUNICÍPIO DE SANTA ISABEL-GO**

GOIANÉSIA/GO

2020

TÚLIO TAVARES BORGES

**RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO DOS SOLOS EM ÁREA DE PASTAGENS
IMPLANTADAS NO MUNICÍPIO DE SANTA ISABEL-GO**

Trabalho de conclusão do curso de Agronomia da Faculdade Evangélica de Goianésia apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Agronomia.

PROF. GUSTAVO HENRIQUE MENDES BRITO

Publicação n°: 36/2020

GOIANÉSIA/GO

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

Tavares Borges, Túlio

Resistência a penetração dos solos em área de pastagens implantadas no município de Santa Isabel-GO/ Túlio Tavares Borges. – 2020.

23 f.

Orientador: Prof^º. Gustavo Henrique Mendes Brito.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) – Faculdade Evangélica de Goianésia, 2020.

1. Compactação do solo 2. Penetrômetro de impacto 3. Pastagem
4. Geoestatística.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BORGES, T. T. **Resistência a penetração dos solos em área de pastagens implantadas no município de Santa Isabel-GO.** 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, 2020.

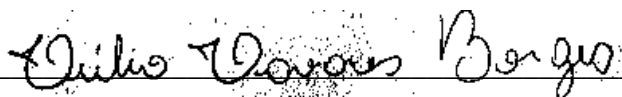
CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: TÚLIO TAVARES BORGES

GRAU: BACHAREL

ANO: 2020

É concedida à Faculdade Evangélica de Goianésia permissão para reproduzir cópias desta Monografia de Graduação para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta Monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.



Nome: Túlio Tavares Bórges

CPF: 03730763121

Endereço: Rua 3, Nº 401, Santa Cecília, Goianésia-GO

E-mail: tuliotborges@gmail.com

TÚLIO TAVARES BORGES

**RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO DOS SOLOS EM ÁREA DE PASTAGENS
IMPLANTADAS NO MUNICÍPIO DE SANTA ISABEL-GO**

Trabalho de conclusão do curso de Agronomia da Faculdade Evangélica de Goianésia apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Agronomia.

DATA DE APROVAÇÃO: 13/02/2021

APROVADA POR:



GUSTAVO HENRIQUE MENDES BRITO, MESTRE
ORIENTADOR

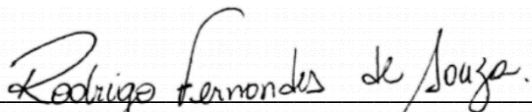
FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA



DYB YOUSSEF BITTAR, MESTRE

EXAMINADOR

FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA



RODRIGO FERNANDES DE SOUZA, ME

EXAMINADOR

FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que em sua infinita bondade e misericórdia, me concedeu a graça de chegar até o fim desta jornada, abençoou meu caminho em todos os momentos e me deu forças para não desistir, obrigado!

Agradeço meus pais, Maria Inácia Tavares e Elvis Cleber Borges, por todo amor e carinho com que me criou, pelos ensinamentos, pela confiança, pelos cuidados, pela paciência, pelos puxões de orelha, obrigado por toda sabedoria compartilhada.

Agradeço a toda minha família que sempre esteve presente em minha vida, me apoiando durante esta trajetória.

Agradeço a meu orientador Gustavo Henrique Mendes Brito, por todos os conhecimentos passados, pelo companheirismo e amizade.

Agradeço a todos os professores que tive durante esses cinco anos de curso, muitas vezes ensinaram mais do que a ementa pedia, ensinamentos de vida, formação de caráter, valores morais e de vida profissional.

Agradeço à Faculdade Evangélica de Goianésia por contribuir com a concretização desse sonho.

Enfim, sou grato a todos que direta ou indiretamente colaboraram com a minha formação, obrigado!

RESUMO

A degradação de pastagens altera as propriedades físicas do solo advinda sobretudo pela compactação originada pelo pisoteio animal durante o pastejo. Objetivou-se com este trabalho avaliar a resistência a penetração dos solos em aproximadamente 25 hectares de pastagens implantadas no município de Santa Isabel-GO. A análise de resistência mecânica do solo a penetração foi realizada a partir da determinação de pontos teóricos, georreferenciados em grade amostral de 100x100, com auxílio de um penetrômetro de impacto Stolf, e um total de 27 pontos. Os pontos coletados foram calculados a resistência a penetração, interpolados os valores nos locais não amostrados é a reclassificação em intervalos pré estabelecidos na literatura. Foi possível observar que as camadas mais compactadas da área em estudo estão de 0-10 cm e 10-20 cm com 4,44 Mpa e 4,45Mpa, respectivamente, e que, possivelmente, o pisoteio animal e o uso de máquinas agrícolas foram os principais agentes causadores da compactação na camada mais superficial do solo.

Palavras-Chave: Compactação do solo, Penetrômetro de impacto, Pastagem, Geoestatística.

ABSTRACT

The degradation of pastures alters the physical properties of the soil, mainly due to the compaction caused by animal trampling during grazing. The objective of this work was to evaluate the resistance to soil penetration in approximately 25 hectares of pastures implanted in the municipality of Santa Isabel-GO. The analysis of the mechanical resistance of the soil to penetration was performed based on the determination of theoretical points, georeferenced in a 100x100 sample grid, with the aid of a Stolf impact penetrometer, and a total of 27 points. The collected points were calculated the resistance to penetration, interpolated the values in the non-sampled locations and the reclassification at pre-established intervals in the literature. It was possible to observe that the most compacted layers of the study area are 0-10 cm and 10-20 cm with 4.44 Mpa and 4.45 Mpa, respectively, and that, possibly, animal trampling and the use of agricultural machines were the main agents that cause compaction in the topmost layer of the soil.

Keywords: Soil compaction, impact penetrometer, pasture, geostatistics.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Os pontos onde foi coletada as amostras para avaliar a resistência a penetração, foi demarcada uma área de 25 hectares 12
- Figura 2.** Resistência mecânica à penetração (RP) medida de 0,0 cm até 0,50 cm de profundidade..... 15
- Figura 3.** Mapas de variabilidade espacial de resistência do solo a penetração. Santa Isabel (GO) 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm 17

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Classes de resistência do solo à penetração (RP). Adaptadas de SOILSURVEY STAFF (1993)	14
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 MATERIAL E MÉTODOS	11
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4 CONCLUSÃO.....	19
REFERÊNCIAS	20

1 INTRODUÇÃO

No ano de 2018 as áreas de pastagens no Brasil correspondiam a mais de 162,5 milhões de hectares, aproximadamente 15% da área agriculturável do nosso território. Assim, o pasto é o alimento quase que exclusivo de um rebanho de aproximadamente 214,9 milhões de cabeças, o Centro-Oeste na liderança entre as regiões, com 34,5% do total nacional. Tendo em vista as estimativas de que 87% dos animais abatidos são alimentados somente com pastagens (RALLYDAPECUARIA, 2018).

A degradação de pastagens pode ser vista em todas as regiões do Brasil, contribuindo para que uma proporção considerável destas áreas esteja sendo utilizada muito abaixo do seu real potencial (DIAS-FILHO, 2017). A degradação de pastagens é um processo evolutivo de perda de produtividade, e do vigor das condições desejáveis de solo, tais como, profundidade adequada ao armazenamento de água e ao crescimento das raízes, ter suprimento adequado de nutrientes, textura média, boa estrutura para fácil movimento de ar, água e raízes, boa atividade biológica e boa drenagem, entre outros (TOWNSEND; COSTA; PEREIRA, 2012).

Alguns indícios da degradação da pastagem são o aumento no percentual de plantas daninhas e de áreas do solo descoberto (sem vegetação) e a conseqüente diminuição no percentual de capim (ou de leguminosas forrageiras) na área da pastagem. Mesmo em épocas que são favoráveis ao seu crescimento em razão de manejos inadequados, superlotação de animais, não respeitar o período mínimo de descanso em cada passagem de animal, sendo assim incompatível com a manutenção do equilíbrio solo-planta-animal (TOWNSEND; COSTA; PEREIRA, 2012; DIAS-FILHO, 2017).

A compactação de solo muitas vezes pode acarretar diversas limitações ao sistema radicular, e causam uma serie de danos ao crescimento da planta e sua morfologia. Os problemas mais comuns de compactação de uma superfície degradada são o aumento da resistência mecânica à penetração radicular, redução da aeração, alteração do fluxo de água e calor, além de comprometer a disponibilidade de água e nutrientes (RIBEIRO et al., 2006).

A compactação é caracterizada pelo aumento da densidade do solo, conseqüentemente, ocorre a redução da sua porosidade e da permeabilidade, causada pelo grande atrito da superfície ou pela pressão contínua que ela recebe. Esse processo faz com que as características físicas e químicas do terreno sejam alteradas, influenciando negativamente no crescimento e desenvolvimento de plantas (JACTO, 2020).

A compactação do solo pode ocorrer de forma superficial, em que consiste no selamento superficial e formação de crostas na parte superficial do solo ou no interior da camada arável

de cor escura, e subsuperficial quando ocorre a compactação abaixo dessa camada superficial. Os prejuízos sobre o desenvolvimento de plantas são maiores na compactação superficial, pois o sistema radicular das plantas se encontra nessa região, prejudicando o crescimento radicular e absorção de água e nutrientes (DEBIASI; FRANCHINI; GONÇALVES, 2008).

Durante o crescimento vegetal, a água é um elemento fundamental absorvido pelas raízes, no entanto, dependendo da textura de solo, a disponibilidade de água será variável, por tais motivos, solos mais compactados absorvem água em menor quantidade devido a diminuição dos espaços porosos pois. Além disso, o crescimento vegetal também é afetado pela resistência a penetração do solo, acarretando no impedimento ao crescimento radicular, no entanto, essa resistência pode ser avaliada com o uso de penetrômetros (SÁ; SANTOS JUNIOR, 2005).

A resistência do solo à penetração é um importante indicador da qualidade física do solo, e o limite crítico de 2 MPa vem sendo utilizado para caracterizar a qualidade física do solo, tanto em sistema plantio direto como em cultivos convencionais (MORAES et al., 2014).

A resistência à penetração apresenta relação direta com a densidade do solo e com o crescimento das plantas (ARAUJO et al., 2010). Sua determinação consiste em medir a força que o solo impõe a penetração de uma sonda cônica, de tamanho padronizado e velocidade constante no solo, com auxílio de penetrômetros ou penetrógrafos (ROSA, 2014).

O penetrômetro de impacto tem sido utilizado no campo para caracterização de solos compactados, que podem ser pelo uso de implementos agrícolas ou pisoteio animal. À medida que ele atinge as camadas mais compactas, a penetração por impacto é menor, possibilitando a localização das zonas compactadas no perfil do solo (ARAUJO et al., 2010). Portanto, um solo seco ou mais denso apresenta maior resistência se comparado a um solo úmido ou menos denso, enquanto, para uma mesma umidade, um solo argiloso apresenta maior resistência que um solo arenoso (REICHERT; SUZUKI; REINERT, 2007). Com o exposto, objetivou-se com este trabalho, verificar a resistência a penetração dos solos em área de pastagens implantadas na fazenda 3 barras, no município de Santa Isabel-GO.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na faz. 3 Barras, município de Santa Isabel-GO localizado a 15° 17' 21" 'S 49° 25' 13" 'W e altitude de 631 m. A classificação do clima é AW segundo a Köppen e Geiger, com temperatura média anual de 24.4 °C, pluviosidade média anual de 1502 mm (CLIMATEMPO, 2020).

A área em estudo é classificada como um latossolo vermelho amarelo distrófico, com porcentagem de argila 47,5%, silte 10%, areia 42,5%, a pastagem da área é do tipo *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, a taxa de lotação de animal/ hectare é de aproximadamente 4,5/ha.

Com auxílio de um aparelho de posicionamento global GPS, configurado ao Locus Map Free 3.45.1, foi delimitada uma área de estudo de aproximadamente 25 hectares. A análise de resistência mecânica do solo a penetração foi realizada a partir da determinação de pontos teóricos e georreferenciados em uma grade amostral de 100x100m, ou seja, um ponto por hectare e um total de 27 pontos (Figura 1).

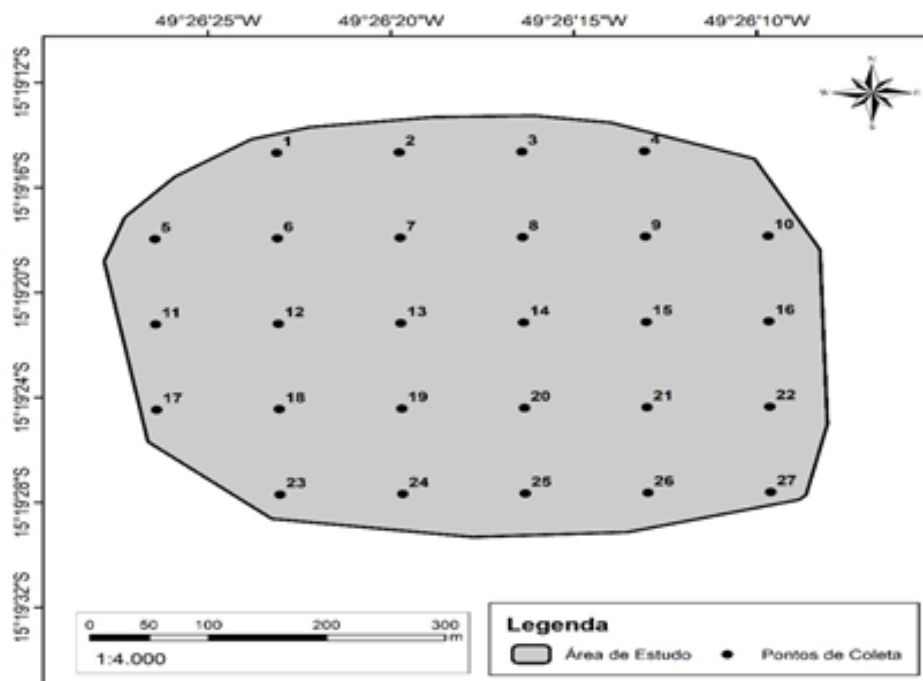


Figura 1. Os pontos onde foi coletada as amostras para avaliar a resistência a penetração, foi demarcada uma área de 25 hectares.

Foi utilizado o penetrômetro de impacto Stolf. O instrumento constitui-se de uma haste com um cone na extremidade inferior, sendo que na parte superior possui um peso de curso constante para provocar a penetração da haste no solo através de impactos. A leitura da penetração é feita na régua ao lado da haste, que é graduada em milímetros. Para cada ponto foi realizado o número de impactos necessários até atingir sua profundidade máxima de 0,70 m,

foi adotado a média de 0,04 m para realizar outra anotação em cada anotação tem a número de impactos necessário para penetrar 0,04 m e quantos centímetros afundou de um impacto para outro (STOLF; FERNANDES; FURLANI NETO, 1983).

Os resultados obtidos foram convertidos em resistência dinâmica (Mpa) a partir da fórmula proposta por Stolf, 1991.

$$RP = 5,6 + 6,89 N$$

Em que:

RP= Resistência a penetração em kgf cm⁻²;

N= penetração em impactos dm⁻¹.

Foi realizada estatística descritiva dos resultados de campo para determinar a distribuição de frequência, coeficiente de variação, valores de assimetria e curtose para se conhecer o comportamento geral dos dados, identificar possíveis valores atípicos e exclusão dos outliers.

Conforme proposto por Bernardi et al. (2018), todos os dados coletados foram submetidos a análise geoestatística, para tal, foi utilizado o software Vesper para o cálculo dos semivariogramas empíricos na direção x e y, tendo como objetivo avaliar a dependência espacial das variáveis e as semivariâncias, calculadas pela equação 1 (GREGO e OLIVEIRA, 2015; OLIVEIRA et al., 2015).

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

Em que:

$\hat{\gamma}(h)$ = semivariâncias estimada

N(h) = número de pares do atributo

Z(xi) e Z(xi + h) = valores dos atributos medidos na posição xi e xi + h , separados por um vetor h (distância entre amostras).

Os semivariogramas foram ajustados a um modelo teórico esférico, exponencial, gaussiano, linear ou linear com patamar e calculado os respectivos coeficientes do modelo teórico: efeito pepita (C0), variância estrutural (C) e alcance da dependência espacial (a), conforme Grego e Oliveira (2015). Após verificar a dependência espacial, foi aplicada a interpolação por krigagem ordinária (YAMAMOTO; LANDIM, 2013).

Quando algum atributo não apresentou dependência espacial, ou seja, apresentaram efeito pepita puro, os mesmos foram interpolados pelo método do inverso do quadrado das distâncias, que, conforme estudo realizado por Krajewski e Gibbs (2001), é o método de interpolação por estatística clássica mais assertivo.

Após a interpolação dos dados foi avaliado os intervalos de acordo com as classes de RP da tabela1, os mapas passaram pelo processo de reclassificação conforme a classificação proposta por Melo et al. (2017), adaptada de SOILSURVEY STAFF (1993).

Classe	RP(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

Tabela 1 - Classes de resistência do solo à penetração (RP). Adaptadas de SOILSURVEY STAFF (1993).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 estão apresentadas as evoluções ocorridas nos testes de resistência mecânica do solo a penetração (RP). É possível observar que as camadas mais compactadas da área em estudo estão de 0-10cm e 10-20cm com 4,44 Mpa e 4,45Mpa. Possivelmente o pisoteio animal foi o principal agente causador da compactação na camada mais superficial do solo, que por consequência atrapalhou o crescimento radicular das pastagens, assim aumentou a degradação de pastagem e agravando ainda mais a compactação.

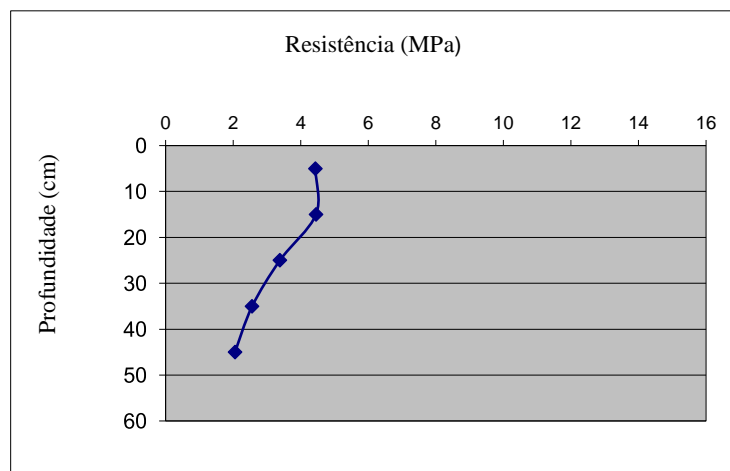


Figura 2. Resistência mecânica à penetração (RP) medida de 0,0 cm até 0,50 cm de profundidade.

Torres et al. (2012) estudaram a resistência à penetração em área de pastagem, no município Uberaba, na microrregião do Triângulo Mineiro, influenciada pelo pisoteio e irrigação, foram identificadas que as camadas mais compactadas também ocorreram nas camadas de 0-10cm com 2,71MPa e 10-20cm com 4,46Mpa.

Alves et al. (2019) estudaram a variabilidade espacial da resistência a penetração em áreas de pastagens de solo argiloso na cidade de Limoeiro de Anadia – AL, e identificaram um aumento na resistência a penetração na camada 10-20cm com 6,06Mpa e menor resistência na camada de 40-50 cm com 3,05MPa.

Santos. (2019) estudou em seu trabalho a variabilidade espacial de parâmetros físicos do solo sob pastagem em sistema de produção de bubalinos e os impactos na produtividade do capim Mombaça, no município de Parauapebas, e identificou que a camada mais compactada do solo foi de 10-20 cm com valor médio de 2,29 MPa.

É possível observar a variabilidade espacial da resistência do solo a penetração nas camadas 0-10cm, 10-20cm e 20-30cm (Figura 2). Nos mapas que representam a profundidade de 0-10 cm e 10-20 cm foi possível observar uma predominância de valores de resistência a penetração classificado entre 4-8 MPa o que corrobora com os resultados apresentados na Figura 1. O mapa que representa a profundidade de 20-30 cm foi possível observar RP inferior aos mapas anteriores e uma predominância de áreas com RP entre 2-4 MPa.

Campos et al. (2012), estudaram a variabilidade espacial da resistência do solo à penetração e umidade em áreas cultivadas com mandioca na região de Humaitá, AM, e identificaram nos mapas maior resistência a penetração na camada 30-45cm com 6,18MPa. Campos et al. (2013), também estudou a variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração e umidade do solo em área cultivada com cana-de-açúcar na região de Humaitá, AM, e identificou no mapa que a camada mais compactada ocorreu de 15-30 cm com 2,86Mpa.

Cortez et al. (2019), estudaram a variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em um sistema de semeadura direta, no município de Dourados – MS, em um Latossolo Vermelho distroférico, pode se observar nos mapas que as camadas de solo que também houveram maior resistência a penetração foi em camadas mais superficiais, na profundidade de 0-25 cm.

Batista et al. (2017), avaliaram a variabilidade espacial de atributos físicos do solo sob colheita mecanizada de capim-buffel no agreste pernambucano, no município de Capoeiras, foram avaliadas três camadas de profundidade, onde foi possível observar no mapa que a camada mais compactada foi de 10-20cm com média de 2,162 Mpa.

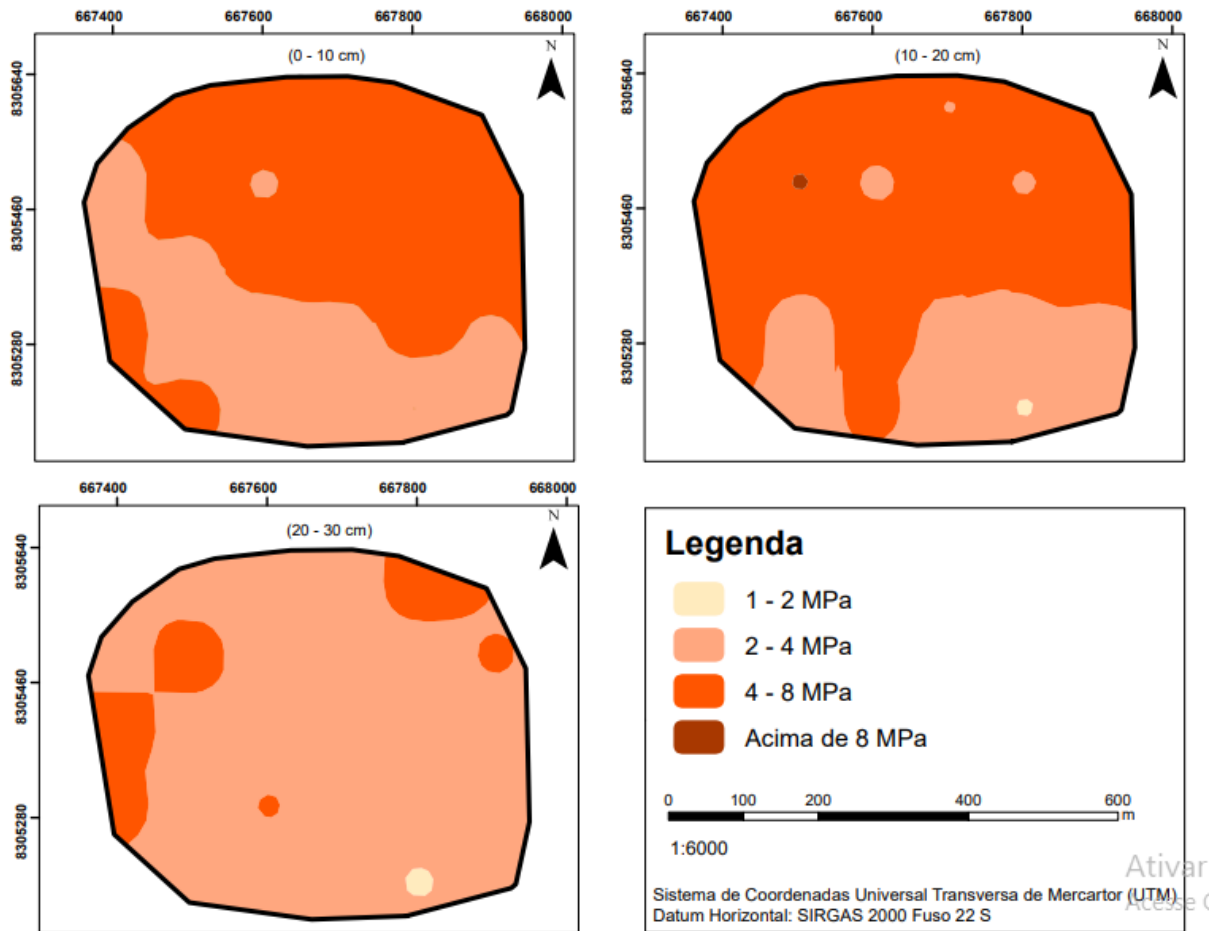


Figura 3. Mapas de variabilidade espacial de resistência do solo a penetração. Santa Isabel (GO), 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm.

Essa compactação na parte superior do solo pode ser causada pela degradação, com a ausência de pastagem o solo ficou exposto assim aumentou o contato com as máquinas agrícolas ou até mesmo o pisoteio animal, e a profundidade de 20-30 cm teve uma RP inferior pelo fato de estar mais profundo e a pressão de compactação afetou ele menos. Cunha (2018) também obteve menor valor de resistência a penetração em camadas mais profundas do solo que foi de 50-60 cm, e também foi devido a menor influência dos fatores antrópicos como compactação por animais e implementos agrícolas.

Para as camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, onde obteve-se o maior valor de RP, pode-se atribuir o resultado a diversos fatores, tais como a baixa umidade do solo no momento da utilização do penetrômetro. A presença de raízes e fragmentos rochosos também podem ter interferido nos valores, dificultando o trabalho do penetrômetro, e também pode ser causado pelo efeito do pisoteio animal. Já na camada de 20-30 cm houve menor resistência a penetração, isso pode ocorrer por ser uma camada mais profunda e ela poderia estar mais úmida ou até

mesmo a pressão do pisoteio animal é menor nessas camadas mais inferiores. Santos. (2019) também avaliou o impacto do pisoteio animal na compactação do solo e observou que as camadas de 0-10 cm e 10-20 cm também houve maior RP, e também atribuiu esses resultados a umidade de solo estar baixa na hora do uso do penetrometro, a presença de raízes e pelo efeito do pisoteio animal.

4 CONCLUSÃO

Foi possível avaliar a resistência do solo a penetração, e as camadas mais compactadas foram as camadas superficiais. A resistência do solo a penetração se apresentou mais crítica em duas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm.

A profundidade de 20-30 cm obteve menor valor de RP. Por estar em camadas mais profundas, recebeu menor influência do pisoteio animal.

A camada compactada chegou até 20 cm, então somente o pousio não será eficaz para realizar a descompactação. É necessário tomar medidas de descompactação como a gradagem e aração do solo.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E. S.; SANTOS, A. B. S.; MEDEIROS, L. C. L.; ALBERTO, D.; GOMES, M. D. A.; SANTOS, M. A. L.; GOMES, C. Variabilidade espacial da resistência a penetração em solo argiloso sob pastagem degradada. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 11, p. 26570-26577, nov. 2019. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/4842>. Acesso em 8 out. 2020.
- ARAÚJO, A. O.; MENDONÇA, L. A. R.; FEITOSA, J. V.; ROMÃO, M. R. O.; ARAÚJO, S. A. M.; SIMPLÍCIO, A. A. F. Avaliação da resistência a penetração de solos submetidos a manejo florestal de vegetação nativa na chapada do Araripe. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, vol. 14, n. 1, p. 89-98, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v14n1/v14n1a10.pdf>. Acesso em 10 set. 2019.
- BATISTA, P. H. D.; ALMEIDA, G. L. P.; TAVARES, U. E.; NASCIMENTO, V. N.; SARMENTO, R. M. **Variabilidade espacial de atributos físicos do solo sob colheita mecanizada de capim-buffel no agreste pernambucano**. Revista Engenharia na Agricultura. Viçosa. V.25, n.04, p.307-317, 2017.
- BERNARDI, A. C. C.; BETTIOL, G. M.; GREGO, C. R.; ANDRADE, R. G.; RABELLO, L. M.; INAMASU, R. Y. Ferramentas de agricultura de precisão como auxílio ao manejo da fertilidade do solo. **Cadernos de ciência e tecnologia**, v.32, n.1/2, p.205-221, 2015.
- CAMPOS, M. C. C.; AQUINO, R. E.; OLIVEIRA, I. A.; BERGAMIM, A. C. Variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração e umidade do solo em área cultivada com cana-de-açúcar na região de Humaitá, Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Pernambuco, vol. 8, núm. 2, pp. 305-310, 2013.
- CAMPOS, M. C. C.; OLIVEIRA, I. A.; SANTOS, L. A. C.; AQUINO, R. E.; SOARES, M. D. R. **Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração e umidade em áreas cultivadas com mandioca na região de Humaitá, AM**. Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, v. 6, n. 1, p. 09-16, 2012.
- CLIMATEMPO**. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/previsao-do-tempo/cidade/5450/santaisabel-go>. Acesso em: 15 jan. 2021.
- CORTEZ, J. W.; MORENO, C. T. M.; FARINHA, L. S.; ARCOVERDE, S. N. S.; VALENTE, I. Q. M. **Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em um sistema de semeadura direta**. Científica, Jaboticabal, v.47, n.2, p.175-182, 2019.
- CUNHA, N. M. C. **Resistencia do solo à penetração em área de *panicum maximum cv tanzânia* em Caxias, MA**. Universidade federal de Maranhão centro de ciências agrárias e ambientais. Chapadinha 2018.
- DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; GONÇALVES S. L. **Manejo da Compactação do Solo em Sistemas de Produção de Soja sob Semeadura Direta**. EMBRAPA. Londrina, 2008. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/busca-de-publicacoes/-/publicacao/470946/manejo-da-compactacao-do-solo-em-sistemas-de-producao-de-soja-sob-semeadura-direta>. Acesso em: 26 nov. 2019.

Degradação do solo: causas e consequências. JACTO. 2020. Disponível em: <https://blog.jacto.com.br/degradacao-do-solo-causas-e-consequencias/>. Acesso em: 18 fev. 2021.

DIAS-FILHO, M.B. DEGRADAÇÃO DE PASTAGEM O que é e como evitar. EMBRAPA. Brasília 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1070416/degradacao-de-pastagens-o-que-e-e-como-evitar>. Acesso em: 25 nov. 2019.

GREGO, C. R.; OLIVEIRA, R. P. Conceitos básicos da Geoestatística. In: OLIVEIRA, R. P.; GREGO, C. R.; BRANDAO, Z. N. (Ed.). **Geoestatística aplicada na agricultura de precisão utilizando o Vesper**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. cap. 3, p. 41-62.

KRAJEWSKI, S. A.; GIBBS, B. L. **Uderstanding contouring: a practical guide to spatial estimation using computer and variogram interpretation.** Gibbs Associations: Boulder. CO, 2001. 100 p

MELO, M. L. A.; ARÁUJO, G. S. S.; GUIMARÃES, E. V.; SILVA, B. M.; CAIXETA, S. PETRACCONE. **Resistência do solo à penetração em pasto de capim-tifton 85 sob irrigação e adubação nitrogenada.** ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.14 n.25; p. 2017.

MORAES, M. T.; DEBIASI, H.; CARLESSO, R.; FRANCHINI, J. C.; SILVA, V. R. **Critical limits of soil penetration resistance in a rhodic eutrudox.** R. Bras. Ci. Solo, 38:288-298, 2014.

OLIVEIRA, R. P. Vesper. In: OLIVEIRA, R. P.; GREGO, C. R.; BRANDAO, Z. N. (Ed.). **Geoestatística aplicada na agricultura de precisão utilizando o Vesper**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 65-82.

RALLY DA PECUARIA. 2018, Disponível em : <http://www.rallydapecuaria.com.br/busca?keys=PECUARIA> Acesso em: 18 fev. 2021.

REICHER, T. J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, vol. 5, p. 49-134, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/283498339_Compactacao_do_solo_em_sistemas_agropecuarios_e_florestais_Identificacao_efeitos_limites_criticos_e_mitigacao/. Acesso em: 03 set. 2019.

RIBEIRO, A. I.; LONGO, R. M.; TEIXEIRA FILHO, A.; MELO, W. J. Diagnóstico de uma área compactada por atividade minerária, na floresta amazônica, empregando métodos geoestatísticos à variável resistência mecânica à penetração do solo. **ACTA AMAZONICA**, Manaus, vol. 36, n. 1, p. 83-90, 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0044-59672006000100010&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 04 set. 2019.

ROSA, R. P. **RESISTÊNCIA DO SOLO A PENETRAÇÃO EM DIFERENTES VELOCIDADES E ÁREAS DE BASE DO CONE**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO FACULDADE DE AGRONOMIA, MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical. Cuiabá, 2014. Disponível em: <https://www.ufmt.br/ppgat/images/uploads/Disserta%20a7%20b5es-Teses/Disserta%20a7%20b5es/2014/Rodrigo%20Pengo%20Rosa%20-%20RESIST%20ANCIA%20DO%20SOLO%20A%20PENETRA%20c3%87%20c3%83O%20EM%20DIFERENTES.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2019.

SÁ, M. A. C.; SANTOS JUNIOR, J. D. G. **Compactação do Solo: consequências para o crescimento vegetal**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/569996/1/doc136.pdf>. Acesso em 9 set. 2019.

SANTOS, C. M. **Variabilidade espacial de parâmetros físicos do solo sob pastagem em sistema de produção de bubalinos: impactos na produtividade do capim Mombaça**. Ministério da educação universidade federal rural da Amazônia graduação em agronomia. Parauapebas-PA 2019.

STOLF, R., FERNADES, J., FURLANI NETO, V.L. **Penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf: recomendação para seu uso**. STAB, Piracicaba, v.1, n.3, p.18-23, jan./fev. 1983.

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

TOWNSEND, C.R.; COSTA, N.L.; PEREIRA, R. G. A. **Recuperação e práticas sustentáveis de manejo de pastagens na Amazônia**. EMBRAPA. Porto Velho, RO 2012. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/999525/1/doc148pastagens.pdf>. Acesso em 25 nov. 2019.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 215 p.