

## AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO RADICULAR DA *BRACHIARIA BRIZANTHA* CULTIVAR MARANDÚ EM DIFERENTES NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO

[\[ver artigo online\]](#)

Athila Damasceno Martins<sup>1</sup>

Davi de Sá Varão NETO<sup>2</sup>

Gustavo Gonçalves de OLIVEIRA<sup>3</sup>

### RESUMO

A realização deste experimento foi conduzida em casa de vegetação no período entre os dias 26 de setembro de 2022 à 1 de novembro de 2022. O experimento foi desenvolvido com a finalidade de conhecer mais sobre a influência de solos compactados no desenvolvimento da planta forrageira *Brachiaria brizantha* cultivar Marandú, por meio de avaliações morfogênicas, aferindo seu potencial no processo de descompactação de solo e variação da produtividade de Matéria Fresca (MF) e Matéria Seca (MS). A influência da compactação foi mensurada de acordo com avaliações do comprimento do sistema radicular, comprimento da planta, número de perfilhos e avaliações de matéria seca do sistema radicular e planta inteira. Os dados obtidos foram avaliados e estruturados em gráfico de dispersão com linha de tendência e R-quadrado, analisando o coeficiente de correlação de Pearson de cada variável. Os resultados obtidos mostraram que a compactação tem forte influência em todas as variáveis comparadas, enquanto maior for a densidade do solo, menor será os índices vegetativos.

**Palavras-chave:** Descompactação. Forragem. Raiz.

### EVALUATION OF ROOT DEVELOPMENT OF *BRACHIARIA BRIZANTHA* GROW CROPS MARANDÚ AT DIFFERENT LEVELS OF COMPACTION

### ABSTRACT

This experiment was carried out in a greenhouse from September 26, 2022 to November 1, 2022. The experiment was carried out in order to learn more about the influence of compacted soils on the development of the forage plant *Brachiaria brizantha* cultivar Marandú, by means of morphogenic evaluations, measuring its potential in the process of soil decompaction and variation in the productivity of Fresh Matter (MF) and Dry Matter (MS). The influence of compaction was measured according to evaluations of root system length, plant length, number of tillers and evaluations of root system and whole plant dry matter. The data obtained were evaluated and structured in a scatter plot with a trend line and R-squared, analyzing the Pearson correlation coefficient of each variable. The results obtained showed that compaction has a strong influence on all variables compared, while the greater the density of the soil, the lower the vegetative indices.

**Keywords:** Decompression. forage. Source.

1 Professor do curso de Agronomia do Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos - UNITPAC, Brasil. E-mail: athilazoot@hotmail.com

2 Acadêmico do curso de Agronomia do Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos - UNITPAC, Brasil. E-mail: davivaraoneto@gmail.com

3 Acadêmico do curso de Agronomia do Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos - UNITPAC, Brasil. E-mail: gustavogoncalvesdeoliveira34@gmail.com



## INTRODUÇÃO

Os campos produtivos do Brasil são regularmente encontrados com algum nível de degradação e possivelmente estão compactados (DIAS, 2007). De acordo com Jandrey (2019), isso está relacionado com o uso de máquinas pesadas, aumento no tráfego nas lavouras no período chuvoso e principalmente pelo déficit de palhada no solo e rotação de cultura no sistema produtivo, deixando exposto ao sol que podem provocar lixiviação de nutrientes, redução da vida microbiota e escoamento superficial dos solos que podem gerar erosões.

A compactação apresenta uma barreira inicial no processo germinativo, e pode acarretar em atraso no estabelecimento da planta devido à dificuldade em adentrar no solo, Borges et al., (1988). Poucos estudos foram encontrados avaliando a braquiária no processo de descompactação de solo, como o de Caloneto et al., (2011) que comprovou superioridade em relação a lab lab (*Dolichos lablab*) e sorgo (*Sorghum bicolor* L.) em desempenho funcional em solo compactado.

A cultivar marandú apresenta grande importância econômica no cenário agropecuário, com representatividade de 85% da espécie presente nas pastagens brasileiras. (ARROYAVE et al., re2011). Rossoni (2020) relata ainda que apesar das circunstâncias endofoclimáticas em grande parte do país, principalmente o clima tropical, a espécie marandú proporciona benefícios de produção, quantidade e qualidade para a alimentação de ruminantes, demonstrando ser o impulsionador da pecuária brasileira.

Diante de poucos trabalhos atribuídos sobre a cultura nesse processo, este trabalho foi desempenhado com o objetivo de avaliar o desenvolvimento radicular da *Brachiaria brizantha* cv. marandú em solo arenoso com diferentes níveis de compactação.

Alta produtividade e adaptação a diferentes regiões, destacando-se de outros materiais por sua simplicidade e resiliência no manuseio de forragem de alta qualidade com alta produtividade (EMBRAPA, 1984).

Esta gramínea está adaptada a solos arenosos e argilosos moderadamente ácidos, essa variedade é a forrageira tropical mais plantada no Brasil e se destaca de outros materiais por sua rusticidade, adaptabilidade e resiliência ao manejo. Requer solo profundo, perfil bem drenado e fertilidade moderada a alta para garantir bom estabelecimento e persistência de

pastagem, alta produtividade de forragem de alta qualidade e capacidade de competir com plantas daninhas (MARTINS, 2015).

Segundo Maquiavél (2020), a definição de compactação se promove com o aumento da densidade do solo em mesmo volume com redução da porosidade, resultando na expulsão do ar contido no solo. A pecuária quando manejada de forma inadequada promove deterioração física do solo causada pelo pisoteio constante de animais (LANZANOVA et al., 2007).

Júnior et al., (2005) relatam que existe divergência sobre a representatividade dos valores de densidade, em solos arenosos, a densidade de 1,5 g cm<sup>3</sup> demonstra um solo solto com ausência de compactação, diferentemente de um solo argiloso, no qual essa mesma densidade representa um solo com alto índice de compactação.

Cooper & Mazza (1997) consideram que os solos são representados por centímetro cúbicos ou quilogramas por metro cúbico, e que há variações na amplitude de cada tipo de solo, como exemplo: solos argilosos de 0,90 a 1,25 g/cm<sup>3</sup>, solos arenosos de 1,25 a 1,60 g/cm<sup>3</sup>, solos húmicos de 0,75 a 1 g/m<sup>3</sup> e solos turfosos de 0,20 a 0,50 g/cm<sup>3</sup>. Morais (2022) ressalva que o desenvolvimento radicular é observado em solos que não apresentam algum tipo de limitação física, mais que mantenha sempre em contato a raiz e partículas adequadas do solo para seu pleno desenvolvimento.

O sistema radicular é o responsável pela conexão entre as plantas com o solo, assim para maior eficiência na absorção de água e nutrientes pelas plantas depende do adequado desenvolvimento do sistema radicular (BAYER, 2018). Podem ser influenciadas pelas propriedades físicas: a compactação do solo, que se manifesta pelo aumento de sua densidade, reduz ou até impede o crescimento das raízes devido à maior resistência à penetração, além disso, o aumento da capacidade limita a aeração do solo, o que prejudica a respiração aeróbica das raízes e o fornecimento de energia para a absorção de nutrientes.

A Bayer (2018) ainda prossegue sobre as propriedades químicas, deficiências nutricionais e presença de elementos tóxicos limitam o crescimento das raízes, baixos níveis de certos nutrientes, como o cálcio no subsolo, podem prejudicar o desenvolvimento radicular porque desempenham um papel importante na divisão celular e no crescimento dos meristemas apicais.

## METODOLOGIA

### Condução do experimento

O experimento foi realizado entre os dias 26 de setembro de 2022 à 1 de novembro de 2022, no viveiro do campo experimental do Curso de Agronomia no Centro Universitário Presidente Antônio Carlos (UNITPAC) – Campus de Araguaína – TO, com a forrageira *Brachiaria brizantha* cv. marandú. O viveiro é cercado por sombrite de 50%, que reduz o impacto das gotas de chuva nos tubos de ensaio, propiciando uma melhor condição para o desenvolvimento das plantas, e com sistema de irrigação controlado, considerado uma lâmina de 3mm ao dia.

### Arranjo do experimento

O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizados em viveiro, sendo os solos acondicionados em cano PVC. O arranjo experimental foi montado com 5 níveis de compactação, com esquema fatorial 4 x 1 (5 tratamentos x 4 repetições e uma cultura), totalizando 20 unidades experimentais. A espécie utilizada foi a *Brachiaria Brizantha* cv,marandú, e as densidades de solo foram determinadas, baseadas na classificação de Cooper & Mazza (1997): 1,20 g/cm<sup>3</sup> (tratamento 1); 1,40 g/cm<sup>3</sup> (tratamento 2); 1,60 g/cm<sup>3</sup> (tratamento 3); 1,80 g/cm<sup>3</sup> (tratamento 4) e 2 g/cm<sup>3</sup> (tratamento 5) (Suzuki et al., 2005).

Imagem 1: Tubos de ensaio de cano PVC.



Fonte: Próprio autor.

### Análise de solo

Os dados obtidos na análise de solo foram cautelosamente analisados para uma recomendação de calagem e adubação do solo utilizado no experimento, visando adequar quaisquer possíveis variáveis que possam alterar o resultado do projeto de pesquisa. A tabela 1 demonstra os dados, e de acordo com o Triângulo Textural do Solo, originado do Departamento de Agricultura dos EUA, e empregado no Brasil, o solo é classificado como ‘Areia Franca’.

Tabela 1: Dados obtidos da interpretação da análise de solo.

---cmol/dm <sup>3</sup> ---					---mg/dm <sup>3</sup> ---	---%---					V%
Ca	Mg	K	Al	H + Al	P-meh	M.O.	Areia	Silte	Argila	pH	Sat. por bases
1,03	0,44	0,14	0	1,3	16,5	0,95	92	1	7	5,8	55,33

Fonte: Próprio autor.

### Calagem

A recomendação de calagem e adubação foi considerada na profundidade de 0 – 20 cm. O método da elevação da porcentagem de saturação por bases foi adotado, e devido a frequente aplicação de corretivos agrícolas no campo experimental onde foi coletado o material, a necessidade de calcário foi de 0,135 Ton<sup>-1</sup>/há com PRNT de 100%.

### Adubação

Após a coleta do solo foi enviado para o laboratório da região, e feita a interpretação da mesma, com recomendação de calagem e adubação seguindo o manual da Embrapa (2004) de recomendação de adubação para o cerrado. Foram adotados 50 Kg/ha de N, 80 Kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 60 Kg/ha de K<sub>2</sub>O para manutenção de pastagens, o que estabelece os teores ideais para o desempenho forrageiro.

A interpretação da análise de solo se mostra efetiva sobre a capacidade de conhecer a fertilidade, o potencial de produção que pode chegar, e sobre a dosagem mais precisa dos insumos agrícolas, reduzindo custos de produção com o melhor acompanhamento técnico ou profissional, proporcionando melhores índices produtivos, e principalmente econômicos.

Para adubação de base, somente a adubação fosfatada foi realizada devido a característica física do solo de ser extremamente arenoso, e como fonte, foi utilizado o adubo MAP com garantia de 54% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, necessitando de 232 mg/vaso de MAP, aplicado 100% no plantio e incorporado.

A adubação de cobertura foi realizada em dois momentos, 15 DAE e 30 DAE. Como fonte de nitrogênio, foi utilizado a uréia agrícola com garantia de 44% de N, e fonte de potássio, o KCl com garantia de 58% de K<sub>2</sub>O, necessitando de 89 mg/vaso de uréia e 81,205 mg/vaso de KCl em cada aplicação de cobertura.

### **Quantidade de solo**

Para descobrir a quantidade de massa de solo seco necessário a ser compactado, em cada cilindro de acordo com cada densidade, foi adotado o método de Arquimedes (287 a.C. – 212 a.C.):

$$\text{Densidade} = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume}}$$

Primeiramente, a determinação do volume do cilindro é calculada através do princípio de Cavalieri (1635). Como a base de um cilindro é igual a um círculo, a área do cilindro é dada pela equação:

$$V = \pi r^2 \times h$$

Foram utilizados canos PVC com diâmetro de 10 cm e altura de 40 cm cada um, com isso, o volume do cilindro é de 3.140cm<sup>3</sup>.

Entretanto, o objetivo é descobrir a massa de solo seco, visto que a densidade foi escolhida para o experimento, e o volume do cilindro de PVC calculado é 3.140 cm<sup>3</sup>, transformando a equação temos:

$$\text{Massa} = \text{Densidade} \times \text{Volume}$$

Foram separadas quatro porções (repetições) de solos com os respectivos pesos: 3,768 Kg, 4,396 Kg, 5,024 Kg, 5,652 Kg e 6,280 Kg de solo, atendendo as demandas de densidade de solo para o experimento de acordo com o trabalho de Muller et al., (2001).

Seguindo a metodologia de Silva & Queiroz (2002), algumas variáveis foram analisadas in loco, como o comprimento do sistema radicular, comprimento da planta e número de perfilhos das plantas selecionadas de cada tratamento e repetição. Seguindo o método descrito Portes et al., (2000), posteriormente as plantas foram levadas para o laboratório para aferição do peso em matéria verde e seca do sistema radicular, folha e colmo.

Os valores obtidos estão postos em gráficos com diagramas de dispersão, juntamente com a equação do gráfico, linha de tendência e o valor de R<sup>2</sup> calculado.

#### Porosidade total

A porosidade é uma relação entre o volume de espaços vazios no solo em porcentagem do volume total de solo, influenciando as condições das fases aérea e líquida (Rafael, 2018). Com isso, o cálculo da porosidade do solo foi calculado com a interação entre a densidade do solo (Ds) e a densidade de partícula (Dp) que é adotado o valor de 2,65.

$$Pt = 100 - \left( \frac{Ds \times 100}{Dp} \right)$$

Por fim, o tratamento 1 contém a maior porosidade total, com 55%, o tratamento 2 com 47,169%, tratamento 3 com 39,622%, tratamento 4 com 32,075% e tratamento 5 com 24,528% de porosidade total.

#### Plantas

O plantio foi realizado dia 16 de agosto de 2022, utilizando 15 sementes por vaso, e após 10 dias de germinação foi feito o desbaste do número de plantas para o número necessário para o experimento.

O desbaste foi feito de forma aleatória, sem levar nenhuma questão em consideração, e determinado a quantidade de 5 sementes por vaso, que foram destinadas para avaliação experimental final.

Imagem 2: Germinação da cultivar marandú.



Fonte: Próprio autor.

A germinação obteve bons resultados nos tratamentos 1, 2 e 3 como visto na imagem 2, entretanto, tratamentos 4 e 5 tiveram a germinação mais tardia, e estavam com baixa estatura em relação os tratamentos iniciais. Aos 30 DAE as plantas estavam com sanidade ideal, prontas para avaliação experimental, como mostra a imagem 3 a seguir.

Imagem 3: Desenvolvimento da cultivar marandú.



Fonte: Próprio autor.



### Variáveis analisadas

As plantas foram submetidas a avaliação sobre o comportamento e resposta do sistema radicular em comprimento e peso de MF e MS, conseqüentemente, foram analisadas as características vegetativas que sofrem influência do desenvolvimento da raiz, como: altura de planta com pesos de MF e MS, número de folhas e peso de colmo em MF e MS.

### RESULTADOS ALCANÇADOS

A realização do experimento foi direcionada para avaliação do desenvolvimento radicular da *Brachiaria Brizantha* cv. marandu em diferentes níveis de compactação e analisando outras características que são influenciadas pela mesma.

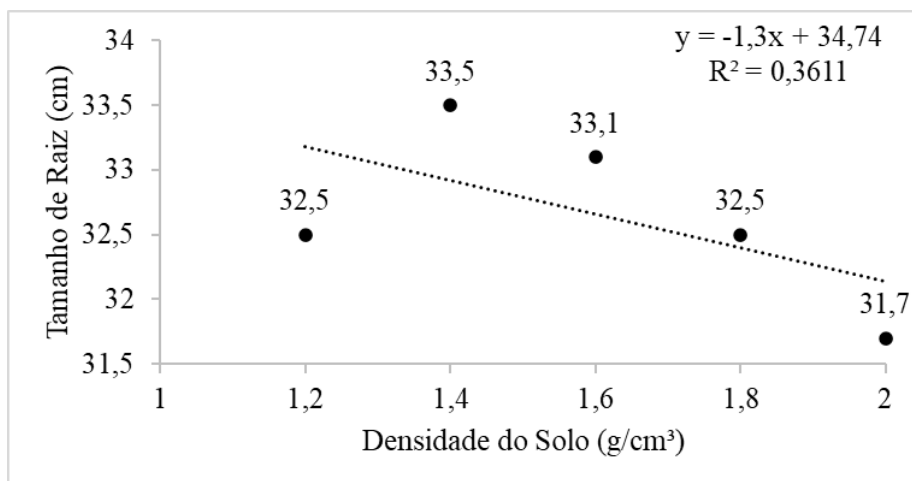
Com a interpretação dos dados obtidos, foi possível identificar resposta positiva e comprobatória da cultura diante das situações propostas e pelo relato de Cooper & Mazza (1997) no que diz respeito a solos arenosos.

Os dados apresentados a seguir em gráficos de dispersão relatam dos resultados alcançados mediante experimento. Primeiramente, sobre tamanho de raiz (cm), altura de planta (cm) e número de folhas.

Posteriormente, serão abordados resultados em meio comparativo sobre peso de raiz, folha e colmo, tanto em MF (Matéria Fresca) e MS (Matéria Seca).

### Resultado do tamanho de raiz

Gráfico 1: Tamanho de Raiz de acordo com a Densidade do Solo.



Fonte: Próprio autor.

No gráfico 1 o maior comprimento de raiz obtido foi no tratamento 2 com 33,5 cm, com linha de tendência negativa, e coeficiente de correlação de Pearson forte com 0,60093%. Com isso, é conferido que a compactação influenciou no comprimento da raiz. Analisando o estudo realizado por Calogeno et. Al., (2011), onde em seu projeto de pesquisa a compactação influenciou na produção de massa seca da parte aérea e radicular, e também no comprimento do sistema radicular da *Brachiaria ruziziensis*.

Embora os solos argilosos sejam mais propícios a compactação, com menores densidades, solos arenosos sofrem os mesmos impactos em maiores densidades, cada classificação de solo apresenta densidade específica que caracteriza como compactado, como descrito por Cooper & Mazza (1997). A redução do tamanho de raiz no tratamento 5 (31,7 cm) pode ser explicada devido a redução da macroporosidade, da disposição hídrica e absolvição de nutrientes, tendo como resultado, diminuição da difusão de gases no solo, limitando processos metabólicos das plantas (Alvarega, 2002).

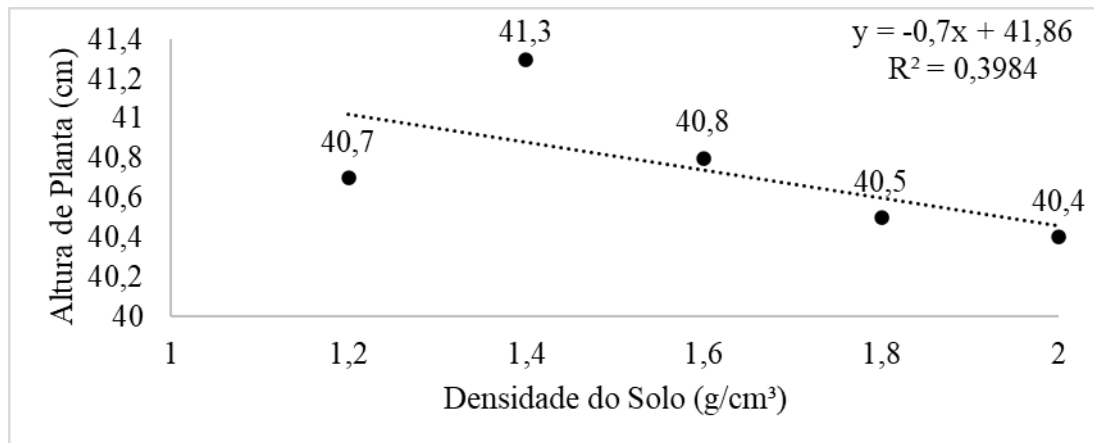
Imagem 1: Comprimento do sistema radicular.



Fonte: Próprio autor.

## Resultado da altura de planta

Gráfico 2: Altura de Planta de acordo com a Densidade do Solo.

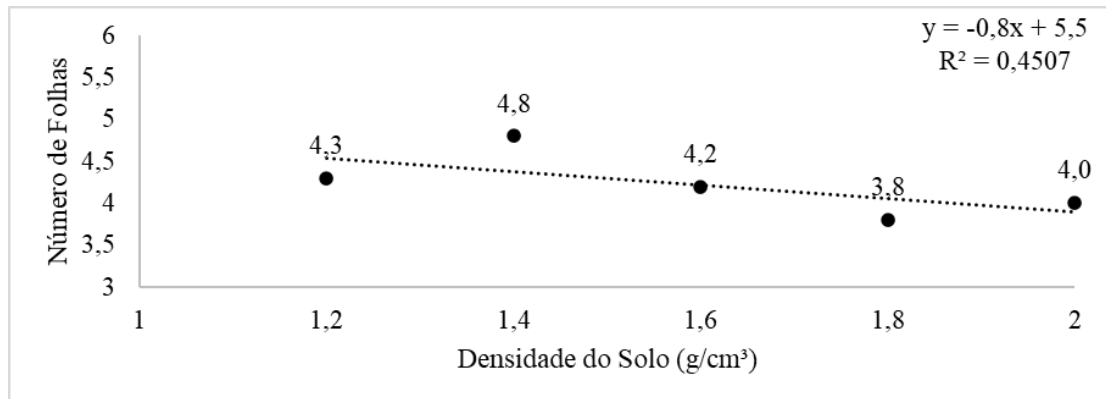


Fonte: Próprio autor.

No gráfico 2 a maior altura de planta foi obtida no tratamento 2 com 41,3 cm, com linha de tendência negativa, e coeficiente de correlação de Pearson média com 0,40%. Com fim disso, é determinado que a compactação teve média interferência no quesito altura de planta do experimento.

### Resultado do número de folhas

Gráfico 3: Número de Folhas de acordo com a Densidade do Solo.

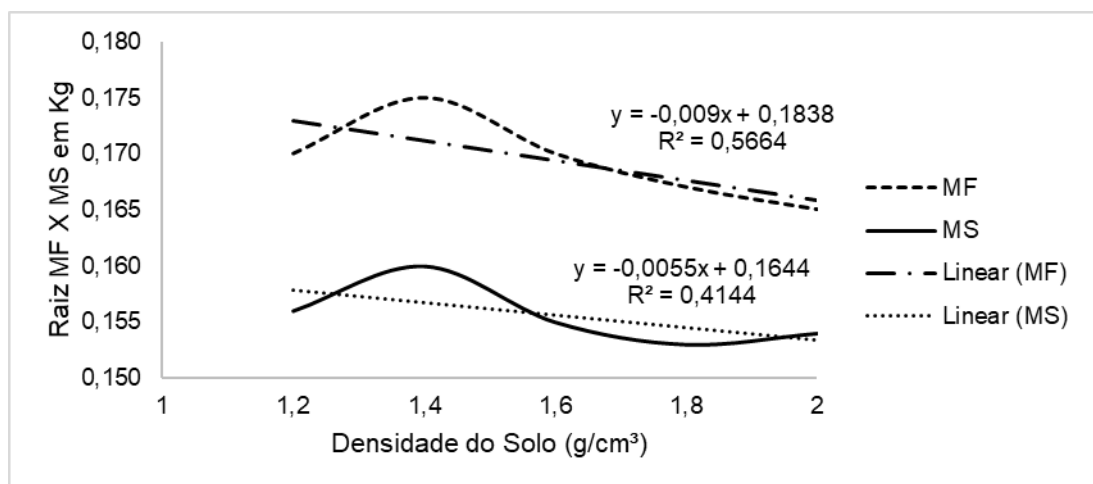


Fonte: Próprio autor.

No gráfico 3 o maior número de folhas foi obtido no tratamento 2 com 4,8 folhas, com linha de tendência negativa, e coeficiente de correlação de Pearson forte com 0,67135%. Conferindo assim, relação entre a compactação e número de folhas por planta.

### Resultado do peso de raiz em MF x MS

Gráfico 4: Peso de Raiz MF x MS de acordo com a Densidade do Solo.

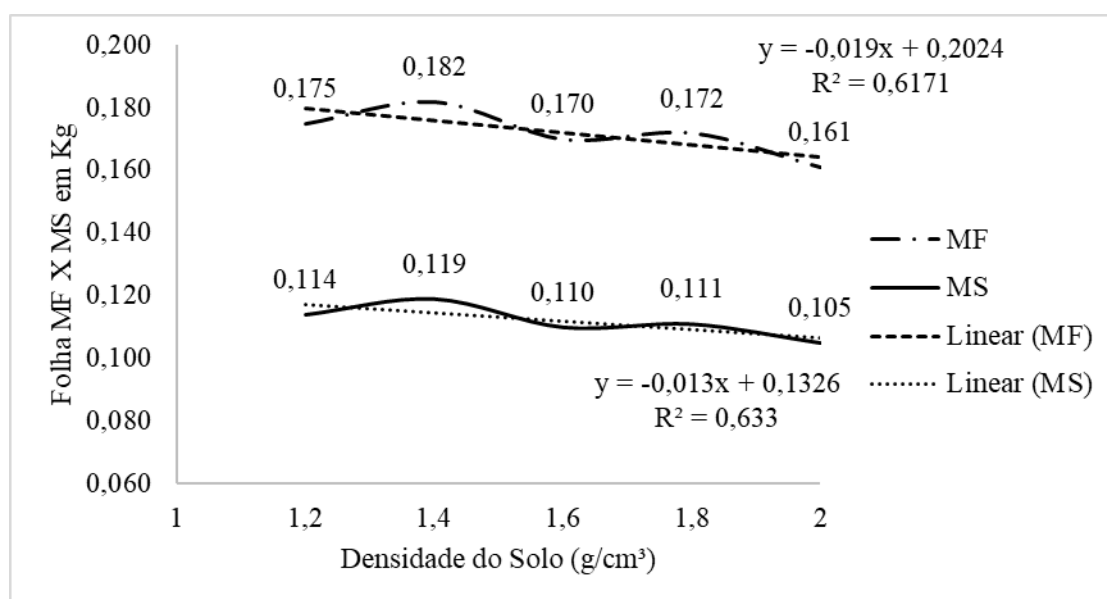


Fonte: Próprio autor.

No gráfico 4 o maior peso de raiz, tanto MF e MS foi no tratamento 2, evidenciando uma melhor qualidade física do solo para o desenvolvimento radicular. Ambas apresentaram linha de tendência negativa, e coeficiente de correlação de Pearson foi forte para MF com 0,75262%, e considerada forte a MS avaliada com 0,64373%. Com isso, existe relação do peso da raiz de acordo com o aumento da densidade do solo.

### Resultado do peso de folha em MF e MS

Gráfico 5: Peso de Folha MF x MS de acordo com a Densidade do Solo.

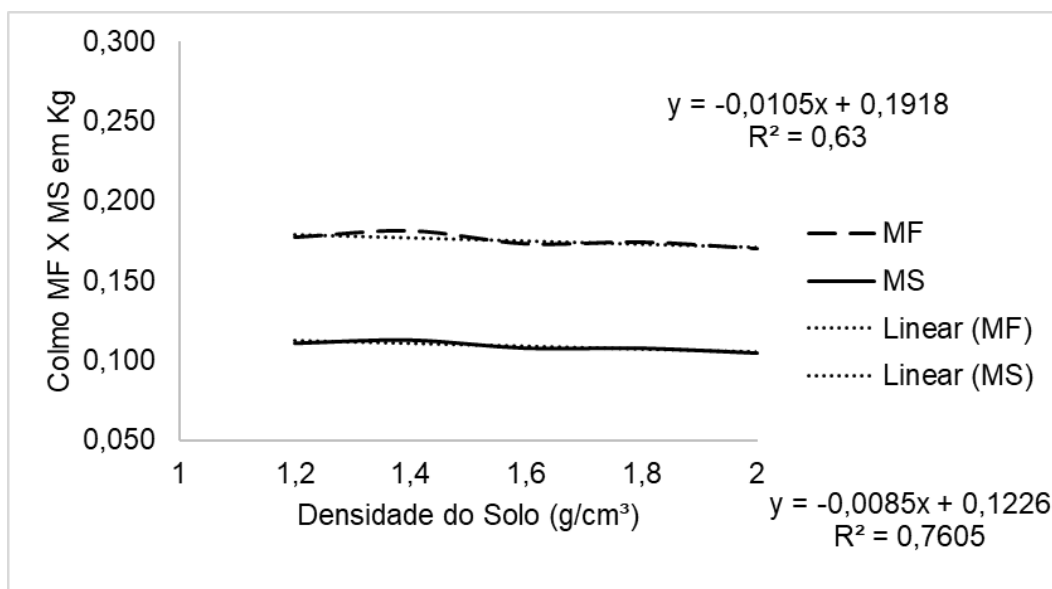


Fonte: Próprio autor.

No gráfico 5 o maior peso de folha, tanto MF e MS também foi encontrado no tratamento 2. As variáveis apresentaram linha de tendência negativa, e coeficiente de correlação de Pearson forte para MF com 0,78555%, e MS 0,79559%. Com isso, representaria uma maior produção de forragem por ha, com teor de MS em média de 34%.

## Resultado do peso de colmo em MF x MS de acordo com a densidade do solo.

Gráfico 6: Colmo MF x MS de acordo com a Densidade do Solo.



Fonte: Próprio autor.

No gráfico 6 seguiu com o melhor resultado o tratamento 2, com linhas de tendência negativa e coeficiente de correlação de Pearson forte para MS com 0,79373%, e MS com 0,87208%. Analisando assim, relação direta entre peso de colmo com a densidade do solo.

## CONCLUSÃO

Com a realização deste projeto de pesquisa científica foi possível compreender sobre o desenvolvimento radicular da *Brachiaria Brizantha* cultivar marandú nos diferentes níveis de compactação e analisando seu reflexo na parte vegetativa.

O tratamento 2, com densidade 1,4 g/cm³ comprovou o que Cooper & Mazza (1997) consideraram, sobre a densidade ideal de solo com classificação arenosa e com os melhores índices em todas as variáveis analisadas (tamanho de raiz, altura de planta, número de folhas, peso em MF e MS de raiz, folha e caule).

O tratamento 1, com a menor densidade de 1,20 g/cm<sup>3</sup> sofreu interferência ao longo de seu desenvolvimento, o baixo peso de solo limitou seu desempenho radicular, que resultou no seu baixo índice estatístico.

E na contrapartida, o tratamento 5 sofreu influência da compactação durante a fixação da cultura no solo, gerando indícios que a compactação atrasa o desenvolvimento inicial na cultura de interesse. Mesmo que o desenvolvimento inicial do tratamento 5 sofreu atraso no estabelecimento devido à alta compactação, visualmente, seu desenvolvimento foi vertiginoso após sua fixação e início de absorção da adubação de base, observando o potencial da cultura em sobressair em áreas de maior compactação.

Contudo, a compactação reduz o desempenho forrageiro sobre as questões de morfogêneses avaliadas, sendo recomendado o manejo de solo com boas práticas agrícolas para melhor aeração do ambiente, proporcionando melhores condições físicas, químicas e biológicas no solo para a cultura de interesse.

Visto que a produção forrageira necessita do suprimento de água e minerais essenciais, isso está relacionado sobre as interações de processos fisiológicos e células presentes nas raízes, ou seja, o sistema radicular tem direta influência na parte vegetativa (Teruel et al., 2000). A compactação proporciona um impedimento físico durante o desenvolvimento da cultura, atrasando todo o ciclo produtivo. Ataíde (2015) ressalva que a infiltração de água no solo é reduzida devido a pouca quantidade de poros no solo, e por fim, promovendo o escoamento superficial dos solos.

## REFERÊNCIAS

CALONEGO, J. C.; GOMES, T. C.; SANTOS, C. H.; TIRITAN, C. S. Desenvolvimento de plantas de cobertura em solo compactado. São Paulo: Centro de Ciências Agrárias, 2011. Bioscience Journal [online], vol. 27, não. 2. Disponível em: <<https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7632>>. Acesso em: 30 de abr. 2022.

COOPER, M.; MAZZA, J. A. Densidade do solo e densidade de partículas. Física do solo, (1997). Disponível em: <  
[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/300387/mod\\_resource/content/0/Aula%20Te%C3%B3rica%20-%20Densidade%20do%20Solo%20e%20Densidade%20de%20Part%C3%ADcula.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/300387/mod_resource/content/0/Aula%20Te%C3%B3rica%20-%20Densidade%20do%20Solo%20e%20Densidade%20de%20Part%C3%ADcula.pdf)>. Acesso em: 15 de mar. 2022.

DOMINGUES, L. A. S. Milho em plantio direto sobre *Brachiaria brizantha* no sistema integração agricultura – pecuária. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 2004. (Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira). Disponível em: <  
[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/98849/domingues\\_las\\_me\\_ilha.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/98849/domingues_las_me_ilha.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em 02 abr. 2022.

EICHLER, V.; SERAPHIN, E. S.; PORTES, T. A.; ROSA, B.; ARAÚJO, L. A.; SANTOS, G. Produção de massa seca, número de perfilhos e área foliar do capim-mombaça cultivado em diferentes níveis de nitrogênio e fósforo. Goiânia: UFG, 2008. (Universidade Federal de Goiás). Disponível em: <  
<https://www.revistas.ufg.br/vet/article/download/1106/4129/18901>>. Acesso em: 09 de mar. 2022.

HENNING, L. M.; ANA, E. V. P. S.; QUEIROZ, A. B.; NUNES, J. F.; MELO, I. A. Influência da compactação de solo e da adubação orgânica nas culturas anuais e perenes: Sistema radicular da *Brachiaria* do feijão-guandu e em função da compactação do solo. Tocantins: Instituto Federal do Tocantins, 2014. Disponível em: <  
<https://propi.ifto.edu.br/index.php/jice/5jice/paper/viewFile/6370/3235>>. Acesso em: 29 de abr. 2022.

JUNIOR, J. L.; MONTEIRO, F. A. Perfilhamento, área foliar e sistema radicular do capim-mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio. Piracicaba: USP/ESALQ, 2013. (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz). Disponível em: <  
<https://www.scielo.br/j/rbz/a/kfQ5n3pSGvwJRygdVVXK5xB/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em 09 de mar. 2022.



JUNIOR, P. R. R.; SILVA, V. M.; GUIMARÃES, G. P. Degradação de pastagens brasileiras e práticas de recuperação. Alegre: Universidade Federal do Espírito Santo, 2013. Disponível em: <  
<https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/CIENCIAS%20AGRARIAS/DEGRADACAO.pdf>>. Acesso em: 29 de abr. 2022.

MAZALI, I. O. Determinação da densidade de sólidos pelo método de Arquimedes. Campinas: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Disponível em: <  
[https://lqes.iqm.unicamp.br/images/vivencia\\_lqes\\_meprotec\\_densidade\\_arquimedes.pdf](https://lqes.iqm.unicamp.br/images/vivencia_lqes_meprotec_densidade_arquimedes.pdf)>. Acesso em: 16 de mar. 2022.

NETO, J. F.; SEVERIANO, E. C.; COSTA, K. A. P.; JUNNYOR, W. S. G.; GONÇALVES, W. G.; ANDRADE, R. Biological soil looseing by grasses from genus *Brachiaria* in croplivestock integration. Rio Verde: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, 2015. (Campus Rio Verde). Disponível em: <  
<http://old.scielo.br/pdf/asagr/v37n3/1807-8621-asagr-37-03-00375.pdf>>. Acesso em: 30 de abr. 2022.

OLIVEIRA, Raul Rodrigues de. "Princípio de Cavalieri"; Brasil Escola. Disponível em: <  
<https://brasilecola.uol.com.br/matematica/principio-cavalieri.htm#Volume+do+cilindro+com+o+princ%C3%ADpio+de+Cavalieri>>. Acesso em: 16 de mar. de 2022.

PEDREIRA, B. C.; PEREIRA, D. H.; PINA, D. S.; CARNEVALLI, R. B.; LOPES, L. B. Intensificação da produção animal em pastagens: Anais do 1º de Pecuária Integrada. Brasília: Embrapa Agrossilvipastoril, 2014. (Embrapa Agrossilvipastoril). Disponível em: <  
[https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114182/1/cpamt-2014-pedreira-simpi\\_Simpósio.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114182/1/cpamt-2014-pedreira-simpi_Simpósio.pdf)>. Acesso em: 29 de abr. 2022.

RAZUK, R. B. Avaliação do sistema radicular de acessos de *Brachiaria brizantha* e suas relações com atributos químicos e físicos do solo. Dourados: UFMGS, 2002. (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul). Disponível em: <  
<https://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOCTORADO-AGRONOMIA/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Renata%20Barbosa%20Razuk.pdf> >.

Acesso em: 09 de mar. 2022.

ROSSONI, C. *Brachiaria*: conheça as principais espécies e como realizar seu manejo. Belo Horizonte: Rehagro, 2020. (Rehagro/Blog). Disponível em: <  
<https://rehagro.com.br/blog/especies-forrageiras-no-brasil-serie-1-brachiaria-brizantha/> >.

Acesso em: 30 de abr. 2022.

SÁ, M. A. C.; JUNIOR, J. D. G. S. Compactação do solo: consequências para o crescimento vegetal. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Disponível em: [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/27465/1/doc\\_136.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/27465/1/doc_136.pdf). Acesso em: 10 de mar. 2022.

SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KUNZ, M.; LIMA, C. L. R. Grau de compactação e sua influência nas propriedades físicas do solo e rendimento da soja. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2005. (Centro de Ciências Rurais, Departamento de Solos). Disponível em: <  
[http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.queos.com.br/downloads/Producao\\_Resumos/XXXCBCS\\_9.pdf](http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.queos.com.br/downloads/Producao_Resumos/XXXCBCS_9.pdf) >. Acesso em: 10 de mar. 2022.

VALICHESKI, R. R.; GROSSKLAUS F.; STUMER, S. L. K.; TRAMONTIN, A. L.; BAADE, E. S. A. S. Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado. Campina Grande: Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, 2011. Dissertação – Campus Campina Grande, Paraíba. Disponível em: <  
<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/zgWXX7hZsT3g8JgRxNpW8dD/?lang=pt&format=pdf> >.

Acesso em: 02 de abr. 2022.

PEREIRA, Caio. Compactação de solos. Escola Engenharia, 2013. Disponível em: < <https://www.escolaengenharia.com.br/compactacao-de-solos/> >. Acesso em: 28 de outubro de 2022.

SOUZA, J. F.D.; BONINI, C. S. B.; MATEUS, G. P.; SOUZA, C. T.; PERUSSO, R. L.S.; PEDRO, F. G.; OLIVERO, G. L. Compactação do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta após cinco anos de implantação e uso. Lages: UDESC (Universidade do Estado de Santa Catarina), 2020. Revista de Ciências Agroveterinárias 19 (3): 2020. Disponível em: < <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/15456/12036> >. Acesso em: 30 de out. 2022.

REIS, L. S.; SILVA, E. D.; BARROS, B. G. A.; OLIVEIRA, F. J. V. Compactação do Solo: Uma visão Agronômica e Ambiental. Universidade do Estado da Bahia, 2022. Disponível em: < <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/28487/24688> >. Acesso em: 30 de out. 2022.

SARTOR, L. R.; RAMÃO, J.; SILVA, V. P.; CASSOL, L. C.; BRUN, E. J. Resistência mecânica do solo à penetração em sistema silvipastoril após onze anos de implantação. Santa Maria. UFSM, 2020. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/cflo/a/wmnLKwBY7GCm8tT9GpRpFBB/?lang=pt&format=pdf> >. Acesso em: 30 de out. 2022.