



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA INTEGRAL
CAMPUS SETE LAGOAS

CRISTIANO LUÍS BUITRAGO

DESEMPENHO AGRONÔMICO DA *BRACHIARIA BRIZANTHA* CV.
***MARANDU* NO SOLO COMPACTADO EM VASOS**

Sete Lagoas

2021

CRISTIANO LUÍS BUITRAGO

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DA *BRACHIARIA BRIZANTHA* CV.
MARANDU NO SOLO COMPACTADO EM VASOS**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Agrônômica Integral da Universidade Federal de São João Del-Rei, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Professor Doutor Samuel Petraccone Caixeta (UFSJ)

Coorientadora: Professora Doutora Aline de Almeida Vasconcelos (UFSJ)

Coorientadora: Doutora Bárbara Elias Reis Hodecker (UFV)

Sete Lagoas

2021

CRISTIANO LUÍS BUITRAGO

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DA *BRACHIARIA BRIZANTHA* CV.
MARANDU NO SOLO COMPACTADO EM VASOS**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Agrônômica Integral da Universidade Federal de São João Del-Rei, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Sete Lagoas, 18 de agosto de 2021.

Professor Doutor Samuel Petraccone Caixeta - UFSJ

Professora Doutora Aline de Almeida Vasconcelos – UFSJ

Doutora Bárbara Elias Reis Hodecker - UFV

“A alegria está na luta, na tentativa, no sofrimento envolvido e não na vitória propriamente dita”.

MAHATMA GANDHI (pacifista indiano)

Dedico a Deus que me guiou e me orientou nas jornadas de trabalho do meu experimento. A minha família e esposa pelo apoio. E toda a comunidade acadêmica da universidade.

Dedico ao meu irmão, Fernando José Buitrago.

AGRADECIMENTOS

Dr. Samuel Petraccone Caixeta;

Dr^a Aline de Almeida Vasconcelos, na matéria Estatística do experimento;

Dr. Eric Victor de Oliveira Ferreira, nas orientações nutricionais do solo;

Dr. Cláudio Manoel Teixeira Vitor, no ramo de forragicultura;

Dr. Nádia Nardely Lacerda Durães Parrela, no melhoramento vegetal e tecnologia de sementes, na condução e seleção de sementes;

Dr. Amilton Ferreira da Silva, com as plantas daninhas e no auxílio na parte estrutural de vasos e bancadas;

Dr. Antônio José Steidle Neto, na Engenharia e Meteorologia Agrícola, no auxílio na área de irrigação;

Dr. Cleber Jose da Silva, Anatomia e Organografia Vegetal, na análise e estudos do experimento, parte foliar e raízes;

Dr. Édio Luiz da Costa, Engenharia Agrícola, liberação do setor de máquinas para montagem do experimento;

Técnico Édipo Zanon, Laboratório de Solos, análise dos nutrientes do solo utilizado;

Técnico João Paulo Rocha, área Agropecuária, apoio do setor ao experimento;

Victor Alef Rodrigues, pelo auxílio no desenvolvimento do trabalho;

Ariel Leon Socio Bonfim, pela coleta foliar e radicular para realização das análises anatômicas;

Fabrcício de Paula Dias, funcionário tratorista da UFSJ, pela parte de maquinário, transporte e logística;

Marlúcio Ferreira da Silva, funcionário responsável pelo Setor de Campo, contribuição no setor de campo na montagem do experimento.

Enfim por toda a equipe de vigias e porteiros da UFSJ, em especial: Edil de Araújo, pelo excelente trabalho da equipe de vigilantes e porteiros da UFSJ, que com muita paciência me atenderam nas madrugadas para abrir os portões para a execução das irrigações.

Aos familiares que dentro das suas condições me ajudaram com muito amor e carinho me apoiando no decorrer da graduação.

Espero não ter esquecido de ninguém que tenha me ajudado na condução do meu trabalho.

ABREVIATURAS E SIGLAS

AP - Altura de Planta

CSL - Campus Sete Lagoas

CV - Cultivar

CTC - Capacidade Troca de Cátions

CP - Capacidade de Pote

D - Densidade

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agraria

MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento

MV - Matéria Verde

MM - Matéria Morta

MVF - Massa Verde Foliar

MSF - Massa Seca Foliar

MVC - Massa Verde do Colmo

MSC - Massa Seca do Colmo

MSPA - Massa Seca de Parte Aérea

MVR - Massa Verde da Raiz

MSR - Massa Seca da Raiz

NB - Número de Batidas

NP - Número de Perfilhos

P - Fósforo

PB - Peso Bruto

PL - Peso Líquido

RP - Resistência Mecânica a Penetração

T - Tratamento

TFSA - Terra Fina Seca ao Ar

UFSJ - Universidade Federal de São João del-Rei

UFRA - Universidade Federal Rural da Amazônia

UFV - Universidade Federal de Viçosa.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVO.....	10
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1 Aspectos gerais	11
3.2 Características gerais do gênero urochloa.....	12
3.3 Urochloa brizantha (hochst ex a. Rich.) Stapf. Cv. Marandu	13
3.4 Sistemas de manejo do solo	14
3.5 Intervenção do manejo na física do solo	16
3.6 Densidade máxima e umidade ótima de compactação	17
3.7 Densidade e grau de compactação do solo.....	18
3.8 Relação grau de compactação x culturas forrageiras.....	19
3.9 Resistência a penetração do solo.....	19
4 MATERIAL E MÉTODOS	21
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
5.1 Gráficos – Figura 1	28
5.2 Gráficos - Figura 2.....	29
5.3 Gráficos - Figura 3.....	30
6 CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS	34

RESUMO

O cultivo de gramíneas do gênero *Brachiaria* é expressivo em todo o território nacional, compondo principalmente as pastagens do Cerrado (Oliveira et al., 2007), sendo útil à alimentação de rebanhos bovinos e na recuperação de áreas degradadas. Neste trabalho objetivou-se avaliar o desempenho da gramínea *Brachiaria brizanta* cv. *Marandu* sob níveis de compactação do solo em vasos com doses de fósforo. O experimento foi conduzido a pleno sol na Universidade Federal de São João del-Rei, Campus de Sete Lagoas. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições, em esquema fatorial 5 x 4, compreendendo cinco níveis de compactação e quatro níveis de fósforo. Os níveis de compactação foram: Testemunha 0,92; T1 1,04; T2 1,17; T3 1,24; T4 1,32 g.cm³. Os níveis de fósforo: 0; 2,28; 4,6; 9,16 mg dm⁻³. A colheita amostral do experimento foi executada no intervalo de 30 dias, as variáveis avaliadas foram: altura de planta (AP), número de perfilhos (NP); matéria seca parte aérea (MSPA); matéria seca de raiz (MSR), relação matéria seca parte aérea e matéria seca de raiz (MSPA/MSR). Os níveis de compactação do latossolo vermelho distrófico não influenciaram na produção da gramínea Marandu. O tratamento com doses de fósforo(P), P0 teve um declínio massa verde aos 90 dias, P100 crescimento de matéria seca aos 60 dias, P200 foi linear e não significativo a massa seca, P400 aumento aos 150 dias de massa seca.

Palavras-chave: Densidade do Solo. Fósforo. *Brachiaria*.

ABSTRACT

Grasses of the genus *marandu* are expressive throughout the national territory, being useful in pastures of cattle herds and recovery of degraded areas. Few studies refer to their behavior under soil compaction conditions. The objective of this study was to evaluate the performance of *brachiaria brizanta* cv. *Marandu* under soil compaction levels in pots with doses of phosphorus. The experiment was conducted under the sun, at UFSJ-CSL. The randomized design was made in blocks, with five treatments and three repetitions. Arranged in a factorial scheme that involved a forage grass and five levels of compaction. Witness 0.92; T1 1.04; T2 1.17; T3 1; 24: T4 1.32 g.cm³ and four levels of phosphorus 0; 2.28; 4.6; 9.16 mg dm⁻³. Six cuts were made every 30 days, the variables evaluated were: plant height (AP), number of tillers (NP); dry matter part area (MSPA); root dry matter (MSR). And aerial dry matter and root dry matter ratio (MSPA_MSR). The levels of compaction of the red latosol did not influence the production of the *Marandu* grass. The P0 treatment had a green mass decline at 90 days, P100 dry matter growth at 60 days, P200 was linear and not significant dry mass, P400 increased at 150 days of dry mass.

Key words: Soil density. Phosphorus. *Brachiaria*

1 INTRODUÇÃO

A pecuária é uma das atividades mais importantes do agronegócio e da economia brasileira. O Brasil engloba o maior rebanho bovino comercial do mundo, com cerca de 214.893.800 milhões cabeças/2019 e, no 1º semestre de 2021, foram abatidas 6.560.963 milhões cabeças de bovinos, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021).

Na produção de bovinos, as pastagens representam o diferencial da carne brasileira no mercado, pois sustenta as expectativas de busca por alimentos mais saudáveis. Ainda que seja exercida de maneira extensiva e o nível tecnológico na maioria das propriedades sem recursos, interferindo assim na produtividade. A degradação das pastagens vem causando uma redução na eficiência do sistema produtivo, uma vez que as pastagens compõem a base da alimentação do rebanho nos sistemas de produção, isso evidencia a importância e a necessidade de estudar as práticas de manejo que resultem em maior eficiência desses sistemas. O manejo inadequado das práticas conservacionistas, a carência de manutenção da fertilidade dos solos e a elevação da taxa de lotação animal, são os principais fatores de degradação de pastagens.

De acordo com a literatura, a compactação do solo em pastagem, em áreas que as forrageiras são bem manejadas, é brevemente demonstrável que esse fenômeno ocorra, devido a dinâmica de fonte-dreno entre raízes e folhas durante a desfolha (RODRIGUES et al., 2008).

O presente trabalho aplica a idealização do experimento com o capim *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu*, que se destaca pelo potencial de matéria seca e valor nutricional.

2 OBJETIVO

Avaliar o desempenho agronômico da *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu*, cultivada em vasos, sobre diferentes níveis de compactação e fósforo em Latossolo Vermelho distrófico.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Aspectos gerais

A partir de 1970 nota-se a troca das pastagens naturais pelas pastagens plantadas, por serem mais produtivas, tendo um crescimento de área de 233,3% nas pastagens plantadas e diminuição de 50% nas pastagens naturais até o ano de 2006 (DIAS FILHO, 2014). Percebe-se que esse aumento não se deu exclusivamente pela troca de uso, mas também devido a uma expansão de área cultivada com forrageiras adaptadas. Outro aspecto a ser observado é a mudança progressiva no manejo das pastagens ao longo dos anos, com maior relevância à implantação de espécies altamente produtivas, visto que os resultados em sistemas de produção animal a pasto dependem tanto do potencial produtivo dos animais quanto da produtividade das forrageiras.

De acordo com dados do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) para as regiões brasileiras, as maiores áreas de pastagens estão concentradas em propriedades cujas taxas de lotação animal estão entre 0,40 e 1,50 unidades animais por hectare (UA ha⁻¹). Quanto mais alta a taxa de lotação animal, maior a eficiência produtiva do sistema (DIEESE, 2011; DIAS FILHO, 2014).

A base do processo de intensificação na produção pecuária são as espécies forrageiras com alta capacidade de produção de matéria seca e alta qualidade nutricional. As principais espécies utilizadas são dos gêneros *Pennisetum*, *Cynodon*, *Panicum* e *Urochloa* (*Syn. Brachiaria*) (ALENCAR et al., 2010). Todos esses gêneros possuem áreas representativas plantadas no Brasil, entretanto, o gênero *Urochloa* tem a maior área plantada.

De acordo com Azevedo e Sverzut (2007), que realizaram estudos em solos com pastagem no Mato Grosso, foi observado que o pisoteio animal propicia a compactação da camada superficial do solo, favorece o aumento da densidade do solo e da resistência à penetração e a redução da macroporosidade, da porosidade total e da condutividade hidráulica. Tais fatores resultam na redução da taxa de infiltração e induzem o solo à erosão.

Queiroga et al. (2009) observaram aumento na densidade do solo ao colocar bovinos em pastagens implantadas sob sistemas convencional e plantio direto. Com o aumento da adubação nitrogenada e a intensificação do manejo e pisoteio animal, Sarmento et al. (2008) não observaram redução da densidade do solo, mas redução da macroporosidade e aumento da microporosidade.

A compactação do solo em áreas de pastagens pode interferir na produção das gramíneas forrageiras. A *Brachiaria brizantha* possui crescimento adequado na densidade de 1,2 Mg.m⁻³ (SILVA et al., 2006). Com o aumento da densidade do solo as gramíneas como o capim-Mombaça (*Panicum maximum* cv. *Mombaça*) apresentam diminuição do número de perfilhos, da produção da parte aérea de folhas, ao mesmo tempo em que o capim-Piatã aponta alteração apenas na massa de colmos (BONELLI et al., 2011).

Na Amazônia colombiana, Martínez e Zinck (2004) verificaram aumento da resistência à penetração em 10 vezes, em pastagens de nove anos de implantação, em comparação com a vegetação original da área (mata nativa) e redução na produção de matéria seca em 60%, em função da compactação causada pelo pisoteio animal.

A perda na produção das forrageiras pode ser justificada pela limitação na absorção de nutrientes e pela alteração na nutrição mineral. Os macronutrientes primários (nitrogênio, fósforo e potássio) possuem papel fundamental na adubação das gramíneas forrageiras que representam boa parte do custo de produção. No estabelecimento se destaca o fósforo, enquanto na manutenção esse papel é desempenhado pelo nitrogênio e pelo potássio. A modificação do balanço de nitrogênio se dá pela alteração do estado de aeração do solo, que contribui para a perda por desnitrificação. Como o fósforo tem baixa mobilidade no solo, o efeito da compactação sobre sua absorção está relacionado à limitação radicular e o potássio possui absorção reduzida com o aumento da densidade do solo.

3.2 Características gerais do gênero *Urochloa*

O gênero *Brachiaria* (Trin.) Griseb. foi reclassificado taxonomicamente recentemente como *Urochloa*, pertence à tribo *Paniceae*; subfamília *Panicoideae* e família *Poaceae*, na qual está vinculada com aproximadamente 100 espécies (VIGNA, 2010).

As espécies do gênero *Urochloa* encontram-se distribuídas em diversas regiões tropicais do mundo, como nas Américas, Austrália e sudeste Asiático. No entanto, as regiões de maior relevância para a pecuária possuem seu centro de origem e diversidade no continente africano (FREITAS, 2005).

No Brasil, a admissão dessas gramíneas nas pastagens ocorreu por volta da década de 50, com intensificação a partir da década de 70, principalmente com a substituição de espécies de outros gêneros (NERY et al., 2012; VALLE et al., 2009).

A utilização das gramíneas forrageiras do gênero *Urochloa* obteve um papel

fundamental no decorrer dos anos na ocupação, evolução e economia da pecuária brasileira, especialmente nas regiões centrais, como os solos ácidos do Cerrado, pelas suas características favoráveis à adaptação (VALLE et al., 2009). Por isso, a predominância deste gênero nas áreas cultivadas e nos estudos científicos de melhoramento genético desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) encontram-se em expansão e consolidação (FAGUNDES et al., 2006).

Segundo Bauer et al. (2011) mais de 80% das áreas de pastagens brasileiras eram compostas por monoculturas de gramíneas do gênero *Urochloa*. Essas espécies possuem vantagens de adaptabilidade com relação às condições agronômicas e edafoclimáticas nas quais são submetidas, além da resistência às pragas, como cigarrinha das pastagens. Também, são tolerantes a solos ácidos ou com baixa fertilidade e um alto rendimento de massa seca (MS) com boa produção, qualidade e cobertura do solo (SILVA et al., 2009).

As gramíneas forrageiras deste gênero mais usadas no Brasil ao longo dos anos são as *Urochloa decumbens*, *Urochloa ruziziensis*, *Urochloa humidicola* e *Urochloa brizantha* cujos cultivos dão-se principalmente no Brasil Central, região Norte e em outras diversas regiões brasileiras (SILVA et al., 2011).

3.3 *Urochloa brizantha* (hochst ex a. Rich.) Stapf. Cv. Marandu

Antes chamada como *Brachiaria brizantha* (Hochstex A. Rich) Stapf, a espécie passou a ser denominada *Urochloa brizantha* (Hochstex A. Rich.) Stapf, de acordo com a alteração da nomenclatura do gênero, nas pesquisas e estudos acadêmicos (GONZÁLEZ; MORTON, 2005; KOEHLER, 2010). É uma gramínea forrageira perene originária dos solos vulcânicos da África tropical, ocorrendo em outros países como Austrália, Madagascar, Suriname, Sri Lanka e Brasil (LUPINACCI, 2002).

A espécie aponta hábito de crescimento cespitoso, robusteza, ligeiramente geniculada, sendo capaz de alcançar até 2,5m de altura, com a presença de rizomas curtos e encurvados de 3 a 5 cm, folhas linear-lanceoladas, pilosas na face ventral e glabras na face dorsal, bainhas pilosas com cílios nas margens (MITIDIÈRE, 1983; SALERNO et al., 1990). Os colmos iniciais expõem-se prostrados, entretanto com produção de perfilhos eretos, com 4-6 nós, com perfilhamento nos nós superiores, o que causa à proliferação de inflorescências de até 40 cm de comprimento, especialmente quando as plantas são sujeitas ao sistema de corte e pastejo (BRITO; RODELLA, 2002; MARI, 2003). Segundo Lupinacci (2002), as sementes são levemente maiores que as outras sementes de espécies do gênero *Urochloa*.

Quanto aos pontos positivos da *Urochloa brizantha* (Hochstex A. Rich.) Stapf. é reconhecida como uma espécie altamente produtiva de fitomassa, raízes e sementes, com resultados satisfatórios à aplicação de fertilizantes com forragens de bom valor nutritivo, assim como a rebrota e capacidade de cobertura do solo, sendo resistente às cigarrinhas das pastagens, sombreamento ou intempéries tendo potencial para permanecer verde no inverno (REZENDE et al., 2011).

O manejo dessa espécie de gramínea requer solos moderadamente férteis com boa capacidade de drenagem para cultivo, como também podem ser susceptíveis à seca (LUPINACCI, 2002; MARI, 2003).

3.4 Sistemas de manejo do solo

O sistema de manejo e preparo do solo é caracterizado pelo revolvimento, herança vinda dos colonizadores europeus que utilizavam destas técnicas há muito tempo. No entanto, eram regiões de clima temperado, diferente do Brasil que possui regiões tropicais e subtropicais. Este sistema teve êxito no Brasil para a implantação das culturas, e deixava o solo com pouca ou nenhuma cobertura no desenvolvimento inicial das plantas. Esta prática mostrou-se a principal causa de degradação dos solos no país (MIELNICZUK et al. 2003). A intensa movimentação do solo e a ausência de práticas conservacionistas causaram graves problemas de erosão, intensificando processos de degradação e perda da camada superficial, sendo um fator de empobrecimento do solo e baixa produtividade das culturas (BERTOL e MIQUELUTI, 1993).

No intuito de estudar os efeitos do preparo no solo e nas culturas, estudos relacionados a física do solo foram iniciados no início do século passado. Cogitou-se a compactação subsuperficial, consequência deste sistema de manejo para a cana-de-açúcar (GIBB, 1939), com o uso de máquinas no preparo. Os agregados eram destruídos adensando o solo cada vez mais (BODMAN e RUBIN, 1948). Laws Evans (1949) também observaram a diminuição da macroporosidade e aumento do micro em profundidade, como consequência do preparo. Vários estudos foram publicados dirigindo o uso consciente do solo, de modo a preservar as características produtivas e ambientais (BENNETT, 1947; KOHNKE e BERTRAND, 1959; GREENLAND e LAL, 1975).

No Brasil, há registros de operação sem revolvimento do solo em 1969, no Posto Agropecuário do Ministério da Agricultura, em Não-Me-Toque no estado do Rio Grande do Sul, considerada a primeira operação em escala experimental (BORGES, 1993). Na década de

1970, em propriedades rurais do estado do Paraná, foram relatados sua aplicação em lavouras (BORGES, 1993) logo após expandindo pelos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul (CORRÊA, 1985). Nestas regiões, problemas de erosão com perdas de nutrientes eram frequentes, assim, buscou-se anexar um sistema para melhorar a qualidade física do solo e amenizar esta degradação.

Na década de 1990, após alguns anos de testes, o plantio direto expandiu significativamente. Em 1975/76 ocupava 32.500ha; em meados dos anos 90 aumentou para 5.500.000ha; em 2005/06 eram 25.500.000ha (FEBRAPD, 2018); e atualmente é de 32.878.660ha (IBGE, 2018). Este sistema consolidou-se e hoje é a principal prática de manejo conservacionista do solo. O manejo traz benefícios e é visto como unanimidade entre agricultores, técnicos e pesquisadores. No entanto, a resposta quanto aos efeitos sobre atributos do solo e produtividade das culturas precisa ser melhor estudada regionalmente, uma vez que os efeitos do plantio direto na qualidade do solo têm relação com seu tipo, o clima, o relevo e a cultura (SIDIRAS e VIEIRA, 1984).

Nas lavouras de grãos, ainda tem a possibilidade de integração com outras atividades, principalmente em áreas sob semeadura direta. Um sistema denominado Integração Lavoura-Pecuária (ILP) vem sendo amplamente utilizado pelos produtores rurais no Brasil que exploram grãos e gado, seja de corte ou de leite. Esse sistema consiste num conjunto de atividades dentro da propriedade agrícola numa mesma área, no entanto em diferentes épocas, e de forma harmônica, tendo como objetivo mudar o sistema de uso da terra e integrar componentes para maximizar efeitos desejáveis ao meio ambiente. Possibilita que o solo seja explorado economicamente durante todo o ano, favorecendo a oferta de grãos, de carne e de leite a um custo menor, devido ao sinergismo que se cria entre lavoura e pastagem (ALVARENGA e NOCE, 2005).

No Rio Grande do Sul, o ILP existe desde o início do século 20, onde o gado bovino pastava a resteva do arroz irrigado. A partir da década de 70, modelos que integravam a soja e o milho com pastagens de inverno ganharam importância (BALBINO et al., 2012). No entanto, diversos trabalhos demonstram o potencial de degradação física do solo por compactação no plantio direto integrado (ALBUQUERQUE et al., 2001). Este processo ocorre pelo fato da ausência de movimentação do solo, exceto na linha de plantio, e vem se intensificando em função do maior tamanho das máquinas agrícolas, que consiste no principal fator de alteração das propriedades físicas do solo neste sistema (TORMENA, 1998a). O manejo inadequado e o uso intensivo do solo acarretaram consequências insustentáveis, como degradação dos solos e baixos índices produtivos. Essa degradação é grave, pois prejudica

tanto as culturas de grãos quanto a pecuária. Segundo o Censo Agropecuário do IBGE (2007), o Brasil soma 9,9 milhões de hectares de pastagens degradadas, evidenciando a necessidade de conhecer os níveis em que o solo pode ser considerado um fator restritivo às culturas e realizar modificações no sistema de uso e/ou manejo.

3.5 Intervenção do manejo na física do solo

O plantio direto surgiu para trazer maior sustentabilidade do ambiente e do sistema produtivo. Entretanto, devido ao tráfego de máquinas e implementos pesados, têm surgido problemas de degradação física dos solos, em especial a compactação. Neste sistema diminui o tráfego de maquinários sob o solo, além de não ser revolvido por longos períodos (VIEIRA, 1981). Calcula-se que 80-90% da compactação potencial ocorre logo nas primeiras entradas das máquinas nas áreas (MEEK et al., 1988; BLACKWELL et al., 1989).

Os solos de textura argilosa são os mais usados na agricultura por serem encontrados geralmente em regiões de relevo mais plano, serem mais profundos e por terem interferência direta na retenção e disponibilidade de água (REICHERT et al., 2009b), na capacidade de troca de cátions (CTC) (CIOTTA et al., 2003), entre outros atributos. Ao mesmo momento são mais suscetíveis à compactação, devido ao tamanho das partículas serem favoráveis a reorganização, aumentar a coesão e elevar o adensamento (BAVER et al., 1972). Deve-se ter atenção especial para a umidade do solo durante as operações agrícolas. Este mesmo cuidado deve-se ter em áreas de pastagens, nas quais os animais permanecem nas áreas durante longos períodos e com solos com umidades variadas.

Um indicador de alta relevância da qualidade do solo é o tamanho e estabilidade de agregados, pois, quanto maiores e mais estáveis melhor é a qualidade (COSTA, 2001; VEZZANI e MIELNICZUK, 2009), apesar de alguns solos compactados possuírem alta estabilidade gerada pela coesão das partículas. A ação do pisoteio e pastejo intensivo, em sistemas conservacionistas, pode diminuir o aporte de material orgânico e o estoque de matéria orgânica, com consequências na agregação do solo (BORTOLINI et al. 2016), principalmente em solos de textura mais arenosa. Este dano ocorre a longo prazo, devido às mudanças no teor de matéria orgânica que demandam tempo para ocorrerem. A compactação relacionada ao pisoteio animal é descrita em alguns trabalhos, assumindo que bois de 400 a 500kg geram pressões no solo que variam entre 0,25 e 0,49MPa (CARVALHO, 1976; PROFFITT et al., 1993).

No processo de compactação, transcorre um fenômeno de adensamento das partículas

de solo e empacotamento destas, de forma que o volume de macroporos é reduzido, e proporcionalmente os microporos aumentam (SILVA et al., 1986, REICHERT et al., 2007; BLAINSKI et al., 2008). Observa-se aumento da densidade, pois reduz a porosidade total e, principalmente, os poros responsáveis pela aeração, drenagem e crescimento das raízes e fauna (CARTER, 1990; REICHERT et al., 2007; ROMERO et al., 2014).

Esse sistema é mais intenso quando o pisoteio e o trânsito de máquinas ocorrem com o solo na consistência plástica (BRAIDA et al. 2010; LUCIANO et al., 2012). Com isso, os fluxos da água, de gases (oxigênio e dióxido de carbono) e dos nutrientes, além da temperatura, podem limitar o desenvolvimento das plantas (FOLONI et al., 2006; REICHERT et al., 2007) pois prejudica transpiração e o acúmulo de matéria seca (FOLONI et al., 2003).

REINERT et al. (2008) concluíram que a camada de solo entre 0,08 e 0,15m de profundidade é a mais atingida pela compactação no plantio direto, e a camada superficial apresenta baixa densidade devido ao fato de haver maior acúmulo de matéria orgânica e alta concentração de raízes, e pela ação mecânica dos discos dos implementos de semeadura (SILVA, 2003). No entanto, dependendo do tempo de implantação do sistema de manejo, variações de solo, clima e até mesmo da forma com que se pratica as atividades, esta profundidade pode variar (TORMENA et al., 2002; COSTA et al., 2003).

3.6 Densidade máxima e umidade ótima de compactação

A densidade de referência de um solo, ou densidade máxima, é um estado do solo em que as partículas sólidas estão arranjadas de forma que ocupem a maior parte possível de um determinado volume, sob determinadas condições. Esta condição é dependente da energia aplicada e da umidade do solo no momento da compactação (VARGAS, 1977) e pode ser avaliada através do ensaio de Proctor Normal.

Em situações de solo seco, com a água retida sob o fenômeno da capilaridade e adsorção, o rearranjo das partículas de solo é dificultado. Enquanto em solo muito úmido, quando existe “água livre”, a energia de compactação é absorvida pela água, impedindo que as partículas se arranjam de forma a atingir altas densidades. O solo ao ser pressionado flui sem se compactar, conforme observado em lavouras de arroz irrigado. Já num ponto intermediário de umidade, o solo atingirá a máxima densidade, denominado “umidade ótima” de compactação para determinada energia aplicada (BUENO e VILAR, 1998).

A proporção de matéria orgânica do solo também é fator que influencia para a densidade máxima do solo. Segundo Braida et al. (2006), quanto mais elevada for a

quantidade de material orgânico, mais baixa a susceptibilidade do solo à compactação. No entanto, para um mesmo solo, com a mesma energia aplicada, quanto mais matéria orgânica, menor é a densidade máxima alcançada, e maior o teor de água necessário para atingi-la (BOUKOUNGA, 2009; LUCIANO et al., 2012). A matéria orgânica e os resíduos do solo atuam como um amortecedor frente a pressão exercida e absorvem parte dessa energia (BRAIDA et al., 2006; BAYER et al., 2009), além de agir na agregação do solo (RAUBER et al., 2012; LOSS et al., 2015).

3.7 Densidade e grau de compactação do solo

Os atributos físicos indicadores de qualidade física do solo podem ser insuficientes para avaliar a resposta das culturas à compactação do solo (GUBIANI, 2012) quando analisados individualmente. Alguns trabalhos mostram intervalos de densidade considerado prejudicial ao desenvolvimento das raízes e das plantas, densidade a qual é denominada crítica (REICHERT et al., 2003; REICHERT et al., 2007, REINERT et al., 2008). A densidade crítica é dependente da textura do solo, como evidenciado por Reichert (2009a), e quanto maior o conteúdo de argila, menor a densidade crítica para as culturas (MARIA et al., 1999; STRECK, 2003). A densidade crítica do solo pode ser delimitada num ponto onde a qualidade física do solo é afetada, e restringe o crescimento e o desenvolvimento das plantas. A resistência do solo a penetração, porosidade de aeração, densidade e intervalo hídrico ótimo são indicadores normalmente relacionados com o crescimento de plantas.

Além do que, é importante fixar que os limites críticos para o desenvolvimento de uma cultura variam de acordo com as características da cultura que se está avaliando (SILVA et al., 2014), e variam entre diferentes cultivares. As generalizações em relação à densidade que determinado solo prejudica a cultura devem ser evitadas.

Compreendendo que um valor crítico de densidade é o que gera algum prejuízo a planta, podemos relacionar a compactação do solo (aumento da densidade do solo) com o crescimento das culturas (LUCIANO et al., 2012; SILVA et al. 2014), através de um índice denominado grau de compactação. O grau de compactação é expresso em porcentagem e resulta da relação da densidade atual com uma densidade de referência (densidade máxima ou compactação máxima), obtida em laboratório, pelo teste de Proctor (CARTER, 1990; TWERDOFF et al., 1999). Suzuki (2005) avaliou alguns atributos da soja em um solo Argissolo e em um Latossolo e concluiu que os maiores rendimentos foram obtidos no grau de compactação de 85% para os Argissolos e 82% para os Latossolos, no Rio Grande do Sul.

3.8 Relação grau de compactação x culturas forrageiras

Os trabalhos referentes aos graus de compactação com desenvolvimento de culturas forrageiras e qualidade das mesmas são incipientes no Brasil. Estudando as espécies forrageiras *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória, *Brachiaria ruziziensis* *Panicum maximum* cv. *mombaça*, Baracho (2016) não observou efeito do grau de compactação para produção de massa verde e massa seca da parte aérea, altura, volume da raiz, proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina. Também, não observou efeito do grau de compactação para a interação adubação nitrogenada e grau de compactação para a forrageira *Panicum maximum* cv. *mombaça*.

A qualidade de uma planta forrageira é composta pela interação da composição bromatológica, da digestibilidade e do consumo voluntário pelo animal. Dessa forma, é de suma importância conhecer os teores de proteína bruta, de fibra em detergente neutro, de fibra em detergente ácido e da matéria seca para atingir os benefícios que uma forrageira de qualidade trará na alimentação do animal (BARACHO, 2016; GERDES et al, 2000).

3.9 Resistência a penetração do solo

A movimentação do tráfego de maquinários e implementos, acrescido do pisoteio animal em áreas mal manejadas, como observado, compacta o solo, reduz a porosidade total, de aeração, e aumenta a densidade do solo. Esta consequência gera outras modificações indesejáveis, como a elevação da resistência mecânica do solo à penetração (RP) (COSTA et al., 2003), que é um agente de avaliação de qualidade física do solo (DORAN e PARKIN, 1994) e pode limitar o crescimento das raízes e distribuição das mesmas no perfil do solo.

A resistência mecânica a penetração (RP) está relacionada ao conteúdo de água no solo, a granulometria e a mineralogia do mesmo (MORAES et al., 2014), e diversos autores estudam RP crítica para o desenvolvimento das culturas em diferentes classes de solo (GERARD et al., 1982; EHLERS et al., 1983; ASSIS et al., 2009).

A água presente no solo exerce uma relação indireta com a RP, importante na quantificação desta (KLEIN, 2008), pois age como lubrificante ao redor das partículas e reduz a coesão entre partículas (ALMEIDA et al., 2008). A granulometria tem relação com energia de atração das partículas, quanto mais argiloso o solo, mais coeso será, principalmente em

baixas umidades; a matéria orgânica tem relação com a agregação e a estrutura (SÁ e SANTOS JÚNIOR, 2005), e afetando a RP.

O sistema radicular de algumas plantas possui alguma tolerância à compactação. Atenua o efeito da RP através da busca por rotas preferenciais, de menor impedimento, e forma canais pelos quais incorpora matéria orgânica; esse rompimento é mais uniforme do que com o uso de implementos agrícolas, como observado por Camargo e Alleoni (1997).

Jimenez et al. (2008) viram que algumas monocotiledôneas têm habilidade de se desenvolver quando da ocorrência de camadas compactadas abaixo delas, e as dicotiledôneas são mais sensíveis a esta característica (BRUSSAARD e VAN FAASSEN, 1994). As espécies com habilidade de atingir profundidades abaixo da compactada absorvem nutrientes e liberam na camada mais superficial e são importantes em sistemas de rotação de culturas.

De maneira geral, considera-se de 2,0 a 2,5MPa a faixa crítica de resistência do solo com redução importante no crescimento radicular (TAYLOR, 1971).

Valores excessivos de RP podem influenciar o crescimento das raízes em comprimento e diâmetro (MEROTTO e MUNDSTOCK, 1999) e na direção preferencial do crescimento radicular (IIJIMA e KONO, 1991). Além disso, estudos indicam que a resistência à penetração das raízes tem efeitos diretos no crescimento da parte aérea das plantas (MASLE e PASSIOURA, 1987).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em vasos sobre bancadas a pleno sol, na Universidade Federal de São João del Rei - *Campus Sete Lagoas MG (CSL)* situado nas coordenadas 19°28'29'' de latitude sul e 44°11'40'' de longitude oeste. O clima da região é classificado como subtropical úmido (Cwa), segundo classificação de Köppen, (1948), apresentando índice pluviométrico anual de 1382,7 mm (EMBRAPA, 2010) e temperatura média anual de 22,1°C (ALVES et al., 2007). O solo usado foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2013), classe textural muito argiloso.

Tabela 1 - Características químicas e físicas do solo do terreno da planta piloto (UFSJ *campus Sete Lagoas MG* - 2018).

pH H ₂ O	PMehlich	K	Ca	Mg	Al	H+Al	MO	Argila	Silte	Areia
-	mg dm ⁻³	cmol dm ⁻³					%			
4,631	0,51	0,16	1,76	0,1	1,17	9,46	2,33	65,2	24	10,8

O experimento foi montado no delineamento em blocos casualizados, sendo dois fatores: os níveis de compactação e de fósforo, em três repetições, dispostos em esquema fatorial 5 x 4 que envolveu a gramínea forrageira, *Brachiaria brizantha cv. Marandu*. Foram aplicados cinco níveis de compactação, T0= 0,92; T1= 1,04; T2= 1,17; T3= 1,24 e T4= 1,32 g/cm³ e quatro níveis de fósforo (PHUSION 40% de P₂O₅) nas seguintes dosagens/vasos 0; 2,28; 4,6; 9,16g.

O manejo realizado para a calagem de 60 vasos com 4 quilos de terra, e com a dosagem de 4,73g CaCO₃ (carbonato de cálcio) e 1,57 de MgCO₃ (carbonato de magnésio), perfazendo um valor de 6,3g de corretivo vaso/4 litros de terra, foi da seguinte forma:

- 4 litros de terra;
- 6,3g de corretivo;
- 1 saco plástico resistente e desinfetado.

O solo e o corretivo foram colocados no saco plástico e misturados manualmente com 20 agitações. O solo misturado é colocado por partes no interior do vaso, formando 8 camadas. A cada camada aplicou-se 20 borrifadas de água para promover a reação do calcário. No saquinho que continha o adubo foi misturado um pouco de terra para utilizar todo o corretivo.

A irrigação foi determinada para toda segunda e quinta-feira após a pesagem e

complemento de água até a capacidade de pote (CP), sendo assim para todo o período do ciclo da cultura de 180 dias. O horário determinado para a irrigação ficou das 6:00h às 8:00h. A metodologia utilizada para a irrigação do experimento foi a de capacidade de pote (CP).

A fosfatagem dos vasos do experimento sobre os níveis de compactação (0, 5, 10, 15 e 20 batidas), utilizou as seguintes doses de fósforo 0, 2,28, 4,6, e 9,16g de PHUSION 40% P_2O_5 , para todos os vasos foi adotada a mesma metodologia de mistura do adubo no saco plástico com a terra peneirada com malha de 2 mm, terra fina seca ao ar (TFSA).

A área experimental foi constituída por duas bancadas com altura do solo de 1,20m com capacidade de 60 vasos de 4 litros com 21,5 cm de diâmetro superior e inferior 16,5cm de diâmetro, semelhante a um tronco de cone e 18 cm de altura.

Imagem1 – Vaso experimental contendo zero batida, zero de fósforo na repetição número um.



O solo foi seco ao ar e peneirado em peneira com malha de 2 mm (TFSA) antes de ser transferido para os vasos de PVC. Foram acrescentadas camadas de 1Kg de solo que foram umedecidas uniformemente e compactadas individualmente ao receberem golpes de 4,1kg até atingirem a densidade desejada, totalizando 4kg de solo por vaso.

Foram utilizados 12 vasos por tratamento com os seguintes números de batidas para chegarem à densidade do solo: sem batidas e com batidas de 5, 10, 15, e 20 batidas, correspondente aos cinco níveis de compactação, $T_0= 0,92$, $T_1= 1,04$, $T_2= 1,17$, $T_3= 1,24$ e $T_4= 1,32 \text{ g/cm}^3$, respectivamente.

Antes de iniciar o processo de compactação, o solo foi umedecido com 200 ml de água

e os furos de drenagem dos vasos foram tampados com um anel circular de papel jornal, assim eles foram preenchidos com solo em etapas, usaram-se anéis de madeira com diferentes diâmetros (17, 18, 19 e 20 cm) que foram sendo trocados a cada camada de 1 Kg compactada, iniciando pelo menor até finalizar com o maior.

Imagem 2 – Materiais usados na compactação do solo nos vasos do experimento.



Esta medida foi importante uma vez que o diâmetro do vaso aumenta do fundo em direção à borda. Colocou-se um plástico por cima do solo a ser compactado a fim de impedir que se espalhasse.

Tabela 2 - Etapas de compactação

Número de batidas	Massa de solo (kg)	Volume de água (ml)	Diâmetro dos anéis (cm ^Ø)
0	4	--	--
5	4	200	17, 18, 19, 20
10	4	200	17, 18, 19, 20
15	4	200	17, 18, 19, 20
20	4	200	17, 18, 19, 20

No plantio foram utilizadas 15 sementes por vaso da *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu* e foi adaptado um disco de madeira de 18 cm.

Imagem 3 – Germinação da semente Marandu na primeira semana



A semeadura foi realizada a uma profundidade de 0,5cm. Após a germinação com 15 dias foi realizado o desbaste deixando o estande de 10 plantas por vaso. Com 30 dias foi realizado a uniformização das plantas mantendo 5 plantas por vaso, efetuando também uma poda de uniformização inicial deixando todas as plantas com 15cm, denominado ponto zero do experimento, deixando a massa verde nos vasos. A partir dessa etapa iniciou a pesagem de capacidade de pote (CP) e irrigação.

Tendo em vista a análise do solo, a correção foi realizada aplicando 2.000kg/ha de calcário dolomítico 20 dias antes do plantio.

Desta forma, foi aplicado então:

- 100kg/ha de cloreto de potássio KCl fracionado em 2 aplicações (no plantio e trinta dias após a germinação);
- 150kg/ha de sulfato de amônio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ fracionado em 3 aplicações (30 dias após a germinação, 90 dias e 150 dias).

Os micronutrientes usados foram:

- boro 0,5 mg/ kg;
- enxofre 30 mg/kg;
- cobre², 0 mg/kg;
- manganês 3,0 mg/kg;
- zinco 4,0 mg/kg;
- molibdênio 0,25 mg/kg;

- e ferro 100 mg/kg^{-1} .

A adubação foi diluída em 1 litro e meio de água e aplicada 25 ml por vaso. As variáveis avaliadas foram:

- altura de plantas (AP);
- número de perfilhos (NP);
- massa verde da lâmina foliar (MVF);
- massa seca da lâmina foliar (MSF);
- massa verde do colmo (MVC);
- massa seca de colmo (MSC);
- matéria morta (MM);
- massa verde de raiz (MVR);
- massa seca de raiz (MSR);
- relação folha/colmo (MSF/MSC);
- massa seca da parte aérea (MSPA) e
- relação massa seca da parte aérea/massa seca de raiz (MSPA/MSR).

Após 30 dias, foi realizada a primeira contagem do número de perfilhos por vaso, altura das plantas e a coleta da parte aérea. As plantas foram cortadas a 10 cm da superfície do solo, o material vegetal foi fracionado em colmo e lâmina foliar, fazendo a composição morfológica das forrageiras e, em seguida, o material vegetal foi seco em estufa (65°C por 72 horas), assim pesado e quantificadas as MSPA e MSC com as quais determinou-se a relação folha/colmo.

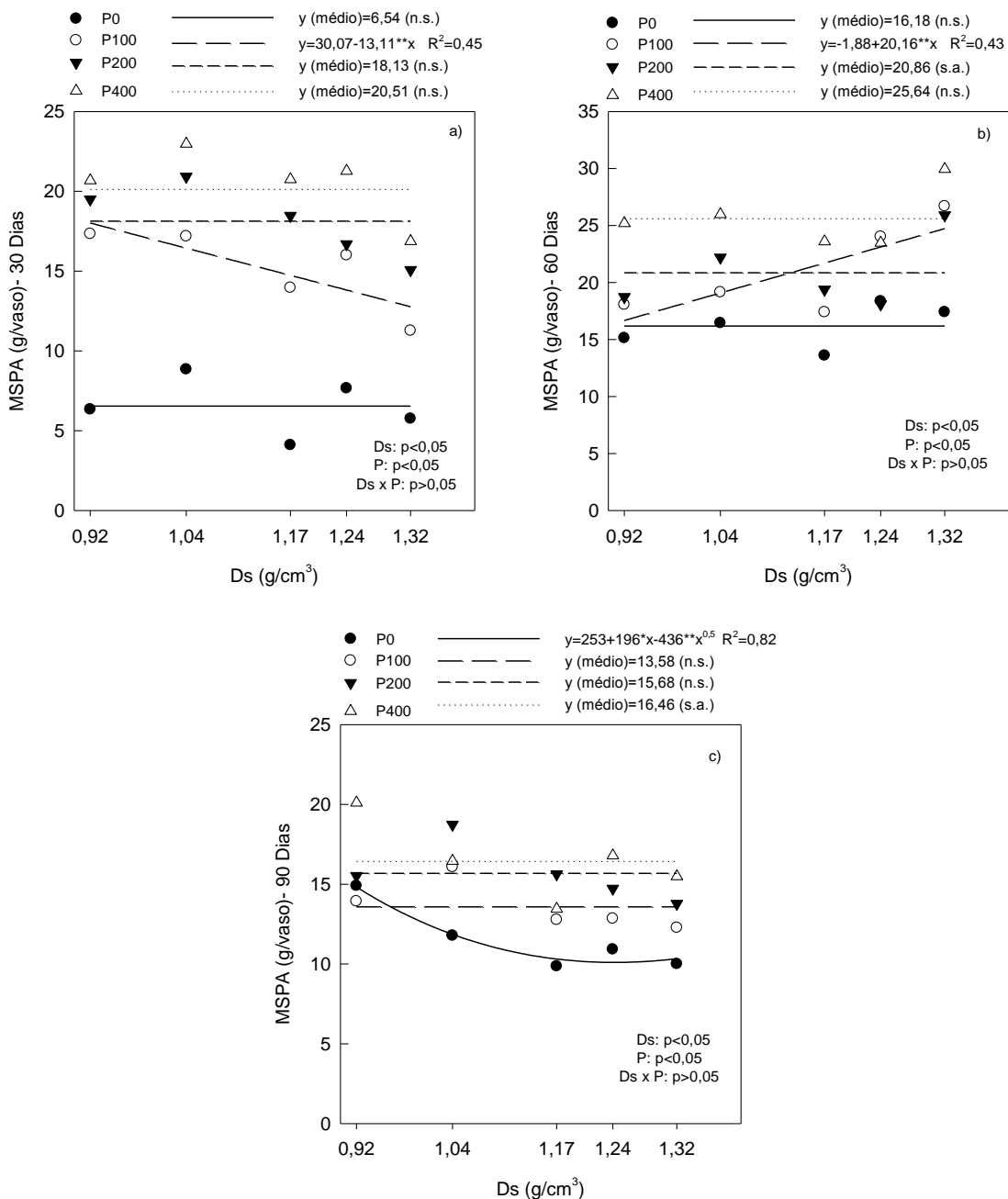
Decorridos 60, 90, 120, 150 e 180 dias realizou-se os cortes nas plantas, além de avaliar as mesmas variáveis do primeiro corte, ao final quantificou-se a massa seca da raiz (estufa a 65°C por 72 h) e determinou-se a relação MSPA/MSR.

Por fim, os dados foram submetidos à análise de variância, considerando que a significativa ($p < 0,05$), pelo teste Fisher F, sem ajuste (s.a.) aos modelos de regressão testados (linear, quadrático e raiz quadrático).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Matéria seca de parte aérea-MSPA aos 30, 60 e 90 dias.

Figura 1 - Matéria Seca de Parte Aérea-MSPA aos 30 dias (a), 60 dias (b) e 90 dias (c) de plantas de braquiária cultivadas com doses de fósforo (P) em diferentes condições de densidade do solo (Ds). $P < 0,05$ e $p > 0,05$ representam, respectivamente, significativo e não significativo (n.s.) pelo teste F. Sem ajuste (s.a.) aos modelos de regressão testados (linear, quadrático e raiz quadrático).

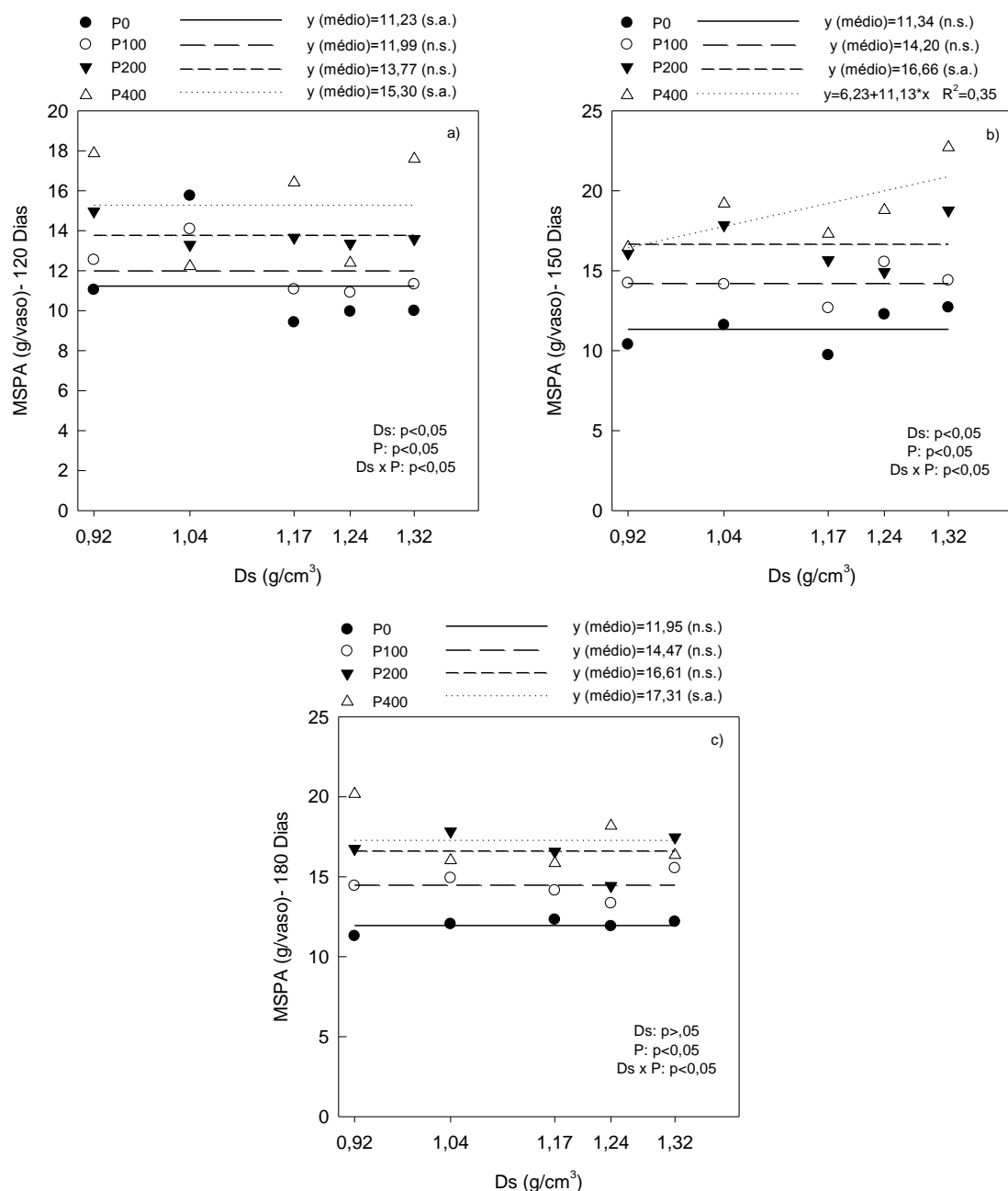


5.1 Gráficos – Figura 1

(a) Matéria seca de parte aérea-MSPA aos 30 dias: o tratamento P0 (vasos sem doses fósforo) não foi significativo (n.s), o P100 tem variação decrescente com menor produção de massa seca à medida que a densidade aumentava, o P200 (n.s), o P400 (n.s) (peso médio da massa seca).

(b) Matéria seca de parte aérea-MSPA aos 60 dias: o tratamento P0 (vasos sem aplicação de doses de fósforo), não foi significativo (n.s), o P100 teve uma variação ascendente com maior produção de massa seca, na qual as plantas se encontram em sua plena capacidade de expressar seu potencial de produção, P200 não foi significativo (n.s), P400(n.s) maiores doses de fósforo também não foram significativo, devido ao maior nível de densidade nos vasos o fósforo se liga ao óxido ficando sem mobilidade para absorção radicular.

(c) Matéria seca de parte aérea-MSPA aos 90 dias: P0 (variação decrescente da massa seca, o solo já encontra com níveis de fertilidade baixo acarretando na baixa produtividade de MSPA pelas plantas, sendo assim não houve variação significativa (n.s) nas doses de P testada na medida que aumentou a densidades do solo.

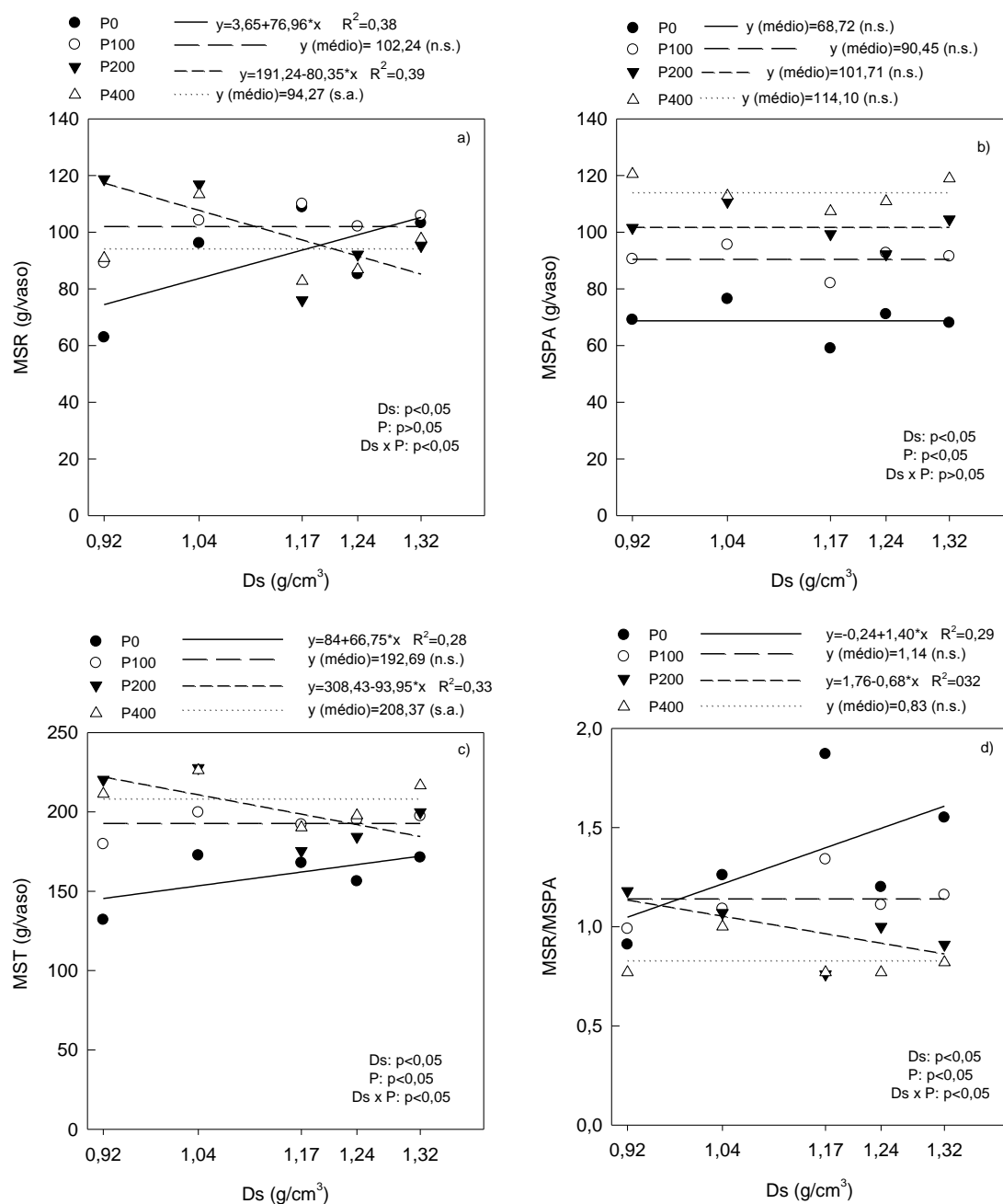


5.2 Gráficos - Figura 2

(a) Matéria seca de parte aérea-MSPA aos 120 dias: não houve variação significativa nos tratamentos testados, a produção de massa seca foi linear e constante. Período em que a cultura já se encontra com o ciclo avançado.

(b) Matéria seca de parte aérea-MSPA aos 150 dias: os tratamentos P0, P100 e P200 não significativo (n.s.), já o P400 foi significativo à medida que aumentou a densidade.

(c) Matéria seca de parte aérea-MSPA aos 180 dias: os tratamentos P0 declínio de final da cultura. P100 e P200 (n.s) não significativo, já o P400 foi não significativo em relação aos demais tratamentos, porém teve maior média de produção matéria seca.



5.3 Gráficos - Figura 3

(a) **Matéria seca de raiz-MSR:** os tratamentos P0, (vasos sem doses de fósforo) as raízes desenvolveram por não haver compactação do solo. P100 não ocorreu variação de crescimento da massa seca e P200 houve variação decrescente das raízes à medida que aumentou os níveis de densidade. O tratamento P400 foi não significativo (n.s) em relação aos demais tratamentos.

(b) **Matéria seca da parte aérea:** não houve variação significativa nos tratamentos testados.

(c) **Matéria seca total:** o tratamento P0 (variação crescente quando aumenta a densidade) o P100 não significativo (n.s), o P200 (variação decrescente da massa seca total) e P400 não significativo (n.s).

(d) **Matéria seca da raiz e Matéria seca da parte aérea:** o tratamento P0 (variação ascendente quando aumenta a densidade do solo) o P100 não significativo (n.s), o P200 (variação decrescente à medida que aumenta a densidade) e P400 não significativo (n.s).

A *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu* tem seu comportamento de desenvolvimento de matéria seca da parte aérea com doses de fósforo respondendo até 150 dias de produção, tendo um declínio a partir de 180 dias. Os vasos sem doses de fósforo no decorrer do ciclo da cultura ficaram esgotados de fósforo e outros nutrientes, tendo assim o pior desenvolvimento no experimento em relação a produção de matéria seca da parte aérea. Sendo que os vasos com as maiores doses de fósforo no desenrolar da cultura apresentou profundidade e captação de fósforo P400, transformando esse tratamento em maior produtor de matéria seca da parte aérea aos 180 dias. O tratamento P0 final da cultura sem nenhuma reposição de nutrientes essenciais. O P100 e o P200 mantém estáveis na produção de matéria seca da parte aérea, já o P400 obteve a maior média.

A compactação do solo não interferiu no ciclo natural da *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu* e nem na sua produção de matéria seca de parte aérea. Períodos superiores a 180 dias não responderam a produção de massa verde, e:

- Vasos P0 sem uso da compactação se destacam até os 90 dias;
- Vasos com P0 produziram massa seca parte aérea bem no início tendo seu declínio após 90 dias;
- Vasos sem compactação parte testemunha no início apresentaram crescimento rápido nos primeiros 30 dias, e:
 - aos 90 dias um declínio do P0;
 - aos 120 dias uniformidade da matéria seca em todos os tratamentos de densidades P0, P100, P200 e P400;
 - aos 150 dias um crescimento exponencial do P400 da matéria seca da parte aérea;
 - nos 180 dias um declínio do P0 e média maior do P400.

Matéria seca total: P0 crescimento ascendente quando aumenta a densidade, P100 e P200 crescimento linear de massa seca parte aérea, o P400 declínio da massa seca ao aumentar a densidade não significativo (ns).

Matéria seca de raiz - Matéria seca de parte aérea: O tratamento P0 possui variação

ascendente quando aumenta a densidade do solo, o P100 apresenta variação linear não significativo (ns.), o P200 variação decrescente à medida que aumenta a densidade, e o P400 massa seca estável não significativo (ns).

O fenômeno fonte e dreno de acordo com a literatura, existe uma interação entre a parte foliar e o sistema radicular em locais de forrageiras bem conduzidas, a compactação é perfeitamente demonstrável, segundo (Rodrigues et. al., 2008). De acordo com (Azevedo e Sverzut 2007) pesquisas foram feitas em regiões em solos com predominância de pastagens observando-se compactação superficial do solo, levando ao aumento da densidade do solo e da resistência à penetração e a redução da macroporosidade, da porosidade total e da condutividade hidráulica. Todos estas características contribuem para a redução da taxa de infiltração de água no solo induzindo a erosão. A compactação do solo em áreas de pastagens pode modificar a produção das forrageiras. A *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu* prospera com qualidade na faixa de densidade de $1,2 \text{ mg.m}^{-3}$ (Silva et. al., 2006). Com o aumento da densidade do solo forrageiras do tipo (*Panicum maximum* cv. *Mombaça*) o capim mombaça, apresenta diminuição do número de perfilhos, conseqüentemente a produção da parte aérea de folhas, ao mesmo tempo que o capim piatã tem modificações apenas na massa de colmos. (Bonelli et.al.,2011). Segundo (Queiroga et.al.,2011), observou-se o aumento da densidade do solo ao instalar ruminantes em pastagens implantadas com sistemas de plantio direto e convencional. Com aumento de uso de fertilizantes nitrogenados e o uso intensivo de pisoteio de animal. Segundo (Sarmiento et.al.,2008), solos estudados com uso de máquinas agrícolas e animais pisoteando pastagens não teve redução da densidade do solo, entretanto redução da macroporosidade e aumento da microporosidade. As produtividades de matéria seca de parte aérea de gramíneas em solos onde ocorrem a compactação da camada superficial do solo por pisoteio de ruminantes, uso de máquinas e implementos agrícolas pesados, intensificação do uso de animal por aérea, podem modificar e interferir em produções de forrageiras do tipo *Brachiaria brizantha* cv.*Marandu*. A compactação do solo decorrido de grandes períodos de implantação, vem influenciando na perda da produtividade de volumosos, grãos e proteína animal, na agricultura e pecuária.

6 CONCLUSÃO

Os níveis de compactação não influenciaram na germinação e no desenvolvimento vegetativo da *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu*. As maiores doses de fósforo contribuíram para maior média de produção de matéria seca de parte aérea. O sistema radicular da gramínea apresentou relevância a doses de fósforo. O ciclo cultural respondeu as doses de fósforo até os 150 dias, e o declínio a partir da produção de massa seca nos 180 dias.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. A.; Sangoi, Luís.; Ender, Márcio. **Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.25, n.3, p.717-723, 2001.
- ALMEIDA, C. X. et al. Funções de pedotransferência para a curva de resistência à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2235-2243, 2008.
- ALVARENGA, R. C.; NOCE, Marco Aurélio. **Integração Lavoura-Pecuária.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 16 p. (Série Documentos, n. 47).
- ALVES, E. R. **Localização da expressão de genes durante o desenvolvimento de ovários de plantas de *Brachiaria brizantha* sexual e apomítica.** 2007. 164p. Tese (Doutorado em Biologia Molecular) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2007.
- ASSIS, R. L. et al. **Avaliação da resistência do solo à penetração em diferentes solos com a variação do teor de água.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.29, n.4, p.558-568, 2009.
- AZEVEDO, E. C.; Sverzut, C. B. **Alterações dos atributos físicos e químicos do solo sob pastagem no sudoeste do estado de Mato Grosso.** Revista Agricultura Tropical, v.9, p.1-17, 2007
- BALBINO, Luís Carlos et al. **Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF): região sul.** Brasília: Embrapa: 2012.
- BARACHO, I. P. S. **Influência da compactação do solo e adubação nitrogenada na qualidade de gramíneas forrageiras e nos atributos físicos do solo.** 2016. 59p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina.
- BAUER, M. de O; Pacheco, L. P. A.; Chichorro, J. F.; Vasconcelos, L. V.; Pereira, D. F. C. **Produção e características estruturais de cinco forrageiras do gênero *Brachiaria* sob intensidades de cortes intermitentes.** Ciência Animal Brasileira, v. 12, n. 1, p. 17-25, 2011.
- BAVER, L.D; Gardner, Walter H.; Gardner, **Wilford Robert. Soil physics.** Nova York: John Wiley, 1972. 498 p.
- BENNET, Hugh Hammond. **Elements of Soil Conservation.** New York: McGraw Hill Book Company. 1947. 406p.
- BERTOL, Ildegardis; Miquelutti, David José. **Perdas de solo, água e nutrientes reduzidas pela cultura do milho.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.28, p.1205-1213, 1993.
- BLAINSKI, E. et al. **Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, n.3, p.975-983, 2008.

BONELLI, E. A. et al. **Compactação do solo: Efeitos nas características produtivas e morfológicas dos capins piatã e mombaça.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, p.264-269, 2011.

BORTOLINI, D. et al. Propriedades físicas do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em Cambissolo Húmico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.15, n.1, p.60-67, 2016.

BORGES, G.O. **Resumo histórico do plantio direto no Brasil.** In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. Plantio direto no Brasil. Passo Fundo, Fundação ABC / Aldeia Norte, 1993. p.13-18.

BODMAN, G. B.; Rubin, J. Soils puddling. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, v.13, p.27-36, 1948.

BOUKOUNGA, J. C. **Propriedades físico-mecânicas de um Argissolo sob diferentes sistemas de manejo e preparo do solo.** 2009. 78p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BRITO, C. J. F. A.; Rodella, R. A. **Caracterização morfo-anatômica da folha e do caule de Brachiaria brizantha** (Hochst. ex A. Rich.) Stapf e B. humidicola (Rendle) Schweick. (Poaceae). Brazilian Journal of Botany, p. 221-228, 2002.

BRAIDA, J.A. et al. Resíduos **Vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio Proctor.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, p.605-614, 2006.

BRAIDA, J. A.; et al. **Teor de carbono orgânico e a susceptibilidade à compactação de um Nitossolo e um Argissolo.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.2, p.131-139, 2010.

BRUSSAARD, L.; Van Faassen, H.G. **Effects of compaction on soil biota and soil biological processes.** In: Soane, B.D.; Van Ouwerkerk, C. Soil compaction in crop production. London: Elsevier, 1994. p.215-235 (Developments in Agricultural Engineering, II).

BUENO, B.S.; Vilar, Orenco Monje. **Mecânica dos solos.** São Carlos: EESC-USP, 1998. 131 p.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do Solo e o Desenvolvimento de Plantas.** Piracicaba: ESALQ, 1997. 132p.

CARTER, M. R.; **Relative measures of soil bulk density to characterize compaction in tillage studies on fine sandy loams.** Canadian Journal of Soil Science. v.70, p.425-433, 1990.

CARVALHO, S.R. **Influência de dois sistemas de manejo de pastagens na compactação de uma Terra Roxa Estruturada.** 1976. 89p. Dissertação (Mestrado). Piracicaba: USP/ Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

CIOTTA, M. N et al. **Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto.** Ciência Rural, v.33, p.1161- 1164, 2003.

CORRÊA, José Carlos. **Efeito de métodos de cultivo em algumas propriedades físicas de um Latossolo Amarelo muito argiloso do Estado do Amazonas.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.21, p.1317-1322, 1985.

COSTA, F. S.; et al. **Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, p.527-535, 2003.

DORAN, J.W. & Parkin, Timothy B. **Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W. et al. Defining soil quality for a sustainable environment.** Madison, Soil Science Society of America Journal. p. 3-21, 1994.

EHLERS, W.W. et al. **Penetration resistance and growth root of oats in tilled and untilled loess soil.** Soil & Tillage Research, v.3 p.261-275, 1983.

EMBRAPA. Índices Pluviométricos em Minas Gerais. 1. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 86 p.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de Solos. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.

FAGUNDES, J. L.; Fonseca, D. D.; Mistura, C.; Morais, R. D.; Vitor, C. M. T.; Gomide, J. A.; Costa, L. D. **Características morfológicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 35, n. 1, p. 21-29, 2006.

FEBRAPDP- Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. [Online]: <http://www.febrapdp.org.br/area-de-pd>. Acesso em 28 nov 2018.

FOLONI, J. S, Simoneti et al. **Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, n.1, p.49-57, 2006.

FOLONI, J. S. Simoneti et al. **Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.38, n.8, p.947-953, 2003.

FREITAS, D. de. **Suplementação da dieta de novilhos de três grupos genéticos em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.** 2005. 85 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2005.

GONZÁLEZ, A. M. T.; Morton, C. M. **Molecular and morphological phylogenetic analysis of *Brachiaria* and *Urochloa* (Poaceae).** Molecular Phylogenetics and Evolution, Amsterdam, v.37, p.36-44, 2005.

GERDES, L.; et al. **Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia nas estações do ano.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.29, n.4, p.955-963, 2000.

GIBB, J. **A preparação do solo para a cana-de-açúcar.** Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, v.6, p.69-75, 1939.

GUBIANI, P. I.; **Regularidade de resposta da cultura do milho à compactação do solo.** 2012. 135p. Tese (Doutorado). Santa Maria, RS, Universidade Federal de Santa Maria.
Greenland, Dennis James; LAL, Rattan. *Soil Conservation and Management in the Humid Tropics.* Nova Iorque: John Wiley & Sons. 1975. 283p.

<https://www.beefpoint.com.br/ibge-abate-de-bovinos-cresce-16-em-relacao-ao-1o-trimestre-de-2018/> Acessado: 18 de agosto de 2019.

<https://www.ibge.gov.br> acessado em julho de 2021

IJIMA, M; Kono, Yasuhiro. **Interspecific differences of the root system structures of four cereal species as affected by soil compaction.** Japanese Journal of Crop Science, v.60, p.130-138, 1991.

JIMENEZ, R. L. et al. Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v.12, n.2, p.116-121, 2008.

KLEIN, V. A. Física do solo. Passo Fundo: Ed. da UPF, 2008. 212p.

LOSS, A. et al. **Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.39, n.4, p.1212-1224, 2015.

LUCIANO, R. V. et al. **Atributos físicos relacionados à compactação de solos sob vegetação nativa em região de altitude no Sul do Brasil.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.36, n.6, p.1733-1744, 2012.

LUPINACCI, A. V. **Reservas orgânicas, índice de área foliar e produção de forragem em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a intensidades de pastejo por bovinos de corte.** 2002. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo, Piracicaba - São Paulo, 2002.

MARTÍNEZ, L. J.; Zinck, J. A. **Temporal variation of soil compaction and deterioration of soil quality in pasture áreas of Colombian Amazonia.** Soil & Tillage Research, v.75, p.3- 17, 2004.

MASLE, J.; Passioura, John B. **The effect of soil strength on the growth of young wheat plants.** Australian Journal of Plant Physiology, v.14, p.643- 656, 1987.

MEROTTO Jr, Aldo; Mundstock, Claudio Mário. **Wheat root growth as affected by soil strength.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.23, p.197-202, 1999.

MITIDIARI, J. **Manual de gramíneas e leguminosas para pastos tropicais**. Nobel: Universidade de São Paulo, 1983.

OLIVEIRA, T. K. et al. Produtividade de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. marandu sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossil pastoril com eucalipto. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.748-757, 2007.

MARI, L. J. **Intervalo entre cortes em capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu): produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem**. 2003. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo, Piracicaba - São Paulo, 2003.

MEEK, Burl D. et al. **Soil compaction and its effects on alfalfa in zone productions systems**. Soil Science Society of American. Journal, v.52:233-236, 1988.

MIELNICZUK, João et al. **Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo**. In: Curi, N. et al. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.3, p.209-248, 2003.

MORAES, M. T. et al. Use of penetrometers in agriculture: A review. **Engenharia Agrícola**, v.34, p.179-193, 2014.

NERY, M. C. **Produção de sementes forrageiras**. Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência do Solo. Boletim Técnico, n. 88, p. 1-47, 2012.

QUEIROGA, A.; Fernández, R.; Noellemeyer, E. Grazing effect on soil properties in conventional and no-till systems. *Soil & Tillage Research*, v.105, p.164-170, 2009.

RAUBER, L. P. et al. **Physical properties and organic carbon content of a Rhodic Kandudox fertilized with pig slurry and poultry litter**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, n.4, p.1323-1332, 2012.

REZENDE, A. V. et al. **Características morfofisiológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em resposta à adubação fosfatada**. *Agrarian*, v. 4, n. 14, p. 335-343, 2011.

REICHERT, J. M. et al. **Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.44, n.3, p.310-319, 2009b.

REINERT, D. J. et al. **Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura de Argissolo Vermelho**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.1805-1816, 2008.

RODRIGUES, R. C. et al. Produção de massa seca, relação folha/colmo e alguns índices de crescimento da *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés cultivado com a combinação de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.394-400, 2008.

ROMERO, E. M. et al. **Condutividade hidráulica, porosidade, resistência mecânica e intervalo hídrico ótimo em Latossolos artificialmente compactados**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.18, n.10, p.1003-1009, 2014.

SÁ, M. A. C.; SANTOS JR., J. D. G. **Compactação do solo: consequências para o crescimento vegetal**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. 26p. Documentos, 136.

SARMENTO, P.; Rodrigues, L. R. A.; Cruz, M. C. P.; Lugão, S. M. B.; Campos, F. P.; Centurion, J. F.; Ferreira, M. E. **Atributos químicos e físicos de um Argissolo cultivado com *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 milênio, sob lotação rotacionada e adubado com nitrogênio**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.183-193, 2008.

SIDIRAS N.; V. M. J. **Comportamento de um Latossolo Roxo Distrófico compactado pelas rodas do trator na semeadura**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.19, n.10, p.1285-1293, 1984.

SILVA, Á. P; Libardi, Paulo Leonel; Camargo, O.A. **Influência da compactação nas propriedades físicas de dois Latossolos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.10, p.91-95, 1986.

SILVA, C. C. F. da; Bonomo, P.; Pires, A. J. V.; Maranhão, C. M. A.; Patês, N. M. S.; Santos, L. C. **Características morfológicas e estruturais de duas espécies de braquiária adubadas com diferentes doses de nitrogênio**. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 38, p. 657-661, 2009.

SILVA, F. R. et al. Crescimento inicial da cultura da soja em Latossolo Bruno com diferentes graus de compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.6, p.1731-1739, 2014.

SILVA, V. R. **Propriedades físicas e hídricas em solos sob diferentes estados de compactação**. 2003. 171p. Tese (Doutorado). Santa Maria, RS, Universidade Federal de Santa Maria.

STRECK, C. A.; **Compactação do solo e seus efeitos no desenvolvimento radicular da cultura do feijoeiro e da soja**. 2003. 83 p. Dissertação (Mestrado). Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria.

SUZUKI, L. E. A. S. **Compactação do solo e sua influência nas propriedades físicas do solo e crescimento e rendimento de culturas**. 2005. 149p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS.

TAYLOR, H.M. **Effect of soil strength on seedling emergence, root growth and crop yield**. In: Barnes, K.K., org. compaction of agricultural soils. Madison, American Society of Agricultural Engineers. p.292-305, 1971. (Asae Monograph).

TORMENA, C. A. et al. **Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo**. Scientia Agrícola, v.59, n.4, p.795-801, 2002.

TWERDOFF, D. A.; et al. **Impacts of forage grazing and cultivation on near-surface relative compaction**. Canadian Journal of Soil Science, v.79, n.3, p.465-471, 1999.

VALLE, C. B. do; Jank, L.; Resende, R. M. S. **O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil**. Revista Ceres, v. 56, n. 4, 2009.

VARGAS, Milton. Introdução à mecânica dos solos. São Paulo. Mcgraw-Hill do Brasil, 509p., 1977.

VEZZANI, F. M.; Mielniczuk, João. **Uma visão sobre qualidade do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.33, p.330-337, 2009.

VIEIRA, M. J. **Propriedades físicas do solo.** In: Plantio direto no Estado do Paraná. Londrina, 1981. p.19-32. (IAPAR. Circular, 23).

VIGNA, B. B. Z. **Estudos genético-moleculares em *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick, (Poaceae).** 2010. 175 f. Tese (Doutorado em Genética e Biologia Molecular). Universidade Estadual de Campinas - Instituto de Biologia. Campinas, São Paulo, 2010.