



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**



JOBSON EDUARDO DE FREITAS CLEMENTINO

**ANALISE MULTIVARIADA DOS ATRIBUTOS FÍSICO-HIDRICOS DO SOLO EM
SISTEMA CONSOCIADONO CERRADO MARANHENSE**

**Chapadinha – MA
Setembro de 2021**

JOBSON EDUARDO DE FRETAS CLEMENTINO

**ANALISE MULTIVARIADA DOS ATRIBUTOS FÍSICO-HIDRICOS DO SOLO EM
SISTEMA CONSORCIADO NO CERRADO MARANHENSE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à coordenação de
Engenharia Agrícola da Universidade
Federal do Maranhão, como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Agrícola.

Orientadora: Profa. Dra. Maryzélia
Furtado de Farias

Coorientador: Ma. Kamila Cunha de
Meneses

**Chapadinha – MA
SETEMBRO de 2021**

JOBSON EDUARDO DE FREITAS CLEMENTINO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

TCC defendido e aprovado, em 20 de Setembro de 2021, pela comissão examinadora constituída pelos professores:

Profa. Dra. Maryzélia Furtado de Farias

Profa Dra do Curso de Agronomia-CCAA/UFMA

Orientadora

Prof. Dr. Jordanio Inácio Marques

Prof Dr do Curso de Engenharia Agrícola-CCAA/UFMA

Examinador

Ana Karla da Silva Oliveira

Mestranda pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP)

Examinadora
Chapadinha – MA
Setembro de 2021

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo (a) autor (a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Freitas, Jobson Eduardo de Clementino.

ANALISE MULTIVARIADA DOS ATRIBUTOS FÍSICO-HIDRICOS
DO SOLO EM SISTEMA CONSORCIADO NO CERRADO MARANHENSE /
Jobson Eduardo de Freitas Clementino. - 2021.

45 f.

Coorientador(a): Kamila Cunha de Meneses.

Orientador(a): Maryzélia Furtado de Farias .

Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade
Federal do Maranhão, Chapadinha, 2020.

1. Área Protegida. 2. Fogo. 3. Vegetação.

I. Meneses, Kamila Cunha de. II. Farias, Maryzélia Furtado de. III. Título.

À minha mãe Edicleide de Freitas Clementino, símbolo de força e
amor.
Meu pai Josenildo Clementino de Freitas Clementino Batista, símbolo
de proteção e sabedoria.
Meus irmãos, Joabson Ericles de Freitas Clementino e Joadson Ericles
de Freitas Clementino, símbolo de apoio.
A minha esposa Janna Cristina Linhares de Freitas e sua família,
símbolo de companheirismo e carinho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, manifestando a minha gratidão pelo sustento físico e emocional ao longo dessa jornada acadêmica.

À minha família, em especial a minha mãe Edicleide de Freitas Clementino, meu pai Josenildo Clementino Batista, aos meus irmãos Joabson Ericles de Freitas Clementino e Joadson Emidio de Freitas Clementino. Obrigado família por sempre estarem me incentivando a continuar em busca dos meus objetivos.

À minha esposa, Janna Cristina Linhares Morais, por todos os momentos difíceis que superamos juntos para que este sonho se tornasse realidade.

À Profa.º Maryzélia Furtado de Farias, pela oportunidade de mostrar meu potencial de pesquisa e amadurecimento profissional que adquiri com os seus ensinamentos transmitidos.

À minha coorientadora Ma. Kamila Cunha de Meneses, que corroborou para que este momento se concretizasse.

Aos membros do grupo de pesquisa de MASCEMA e grandes amigos: Mateus Ladeira, Klara Meneses, Isabella Cortez, Tiago e todos os outros que fizeram parte desta história, por todos os momentos e durante a realização deste trabalho, meu especial agradecimento;

Aos meus amigos Tiago Monteles Carneiro, Klara Cunha de Meneses, Héliida Karla Milhomem, Alessandro Lima, Ana Karla da Silva Oliveira e a todos os meus colegas da turma de Engenharia Agrícola.

Aos Professores, Telmo José, Fabiano, Khallil, Plínio Guerra, Ivan Hudson, e todos do quadro de professores da UFMA-CCAA.

Ao PIBIC, por me conceder uma Bolsa de Iniciação Científica, no qual me possibilitou realizar esta monografia;

A Universidade Federal do Maranhão, por ter me concedido a realização desse grande sonho em obter o título de Engenheiro Agrícola.

Ao meu grande amigo, Cesar Angelo Lima Filho, o qual foi o precursor da minha entrada no ensino superior.

À todos que contribuíram de forma direta e indiretamente, sempre serei grato e os meus sinceros agradecimentos.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

RESUMO

LISTA DE FIGURAS.....	v
1. INTRODUÇÃO.....	19
2. OBJETIVOS.....	21
2.1 Objetivo Geral.....	21
2.2 Objetivo Específico.....	21
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	21
3.1 Sistema de consorcio milho e braquiária.....	21
3.2 Compactação do solo e o aumento da resistência a penetração do solo	23
3.3 Época de plantio.....	24
3.4 Relação teor de água no solo e sua Resistencia a penetração	24
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.1 Caracterização da área de estudo	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
6. CONCLUSÕES.....	34
7. REFERÊNCIAS.....	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dendrograma mostrando a hierarquia de grupos (sistemas consorciados) resultante da análise de agrupamento por método hierárquico.
21

Figura 2. Cargas das variáveis no componente principal 1 (CP1).
.....
22

Figura 3. Cargas das variáveis no componente principal 2 (CP2).
.....
22

Figura 4. Gráfico Biplot para os tratamentos: T1 (Milho solteiro), T2 (Milho consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu), T3 (Milho consorciado *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk) e T4 (Milho consorciado *Panicum maximum* cv. Mombaça).
.....
23

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar os impactos dos sistemas de manejo na qualidade físico-hídricas de um Latossolo Amarelo distrófico (LAd), no Cerrado Maranhense. A pesquisa foi desenvolvida na Fazenda Unha de Gato, localizada as margens da MA 230 no município de Mata Roma - MA, em área de plantio intensivo de soja sucessiva a plantio de milho verde. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, que consistiu em quatro tratamentos e cinco repetições (4 x 5), consistindo em quatro sistemas de consorcio entre milho Pioneer P3397PWU, ciclo 90 dias e braquiária, sendo T1-Milho solteiro, T2-Milho/Brachiaria brizantha cv. Marandu, T3-Milho/Brachiaria decumbens cv. Basilisk e T4- Milho/Panicum maximum cv. Mombaça., nos quais houve avaliação dos seguintes parâmetros de propriedades físico-hídricas: densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade, resistência do solo à penetração nas profundidades de 0-0,10 m e de 0,60-0,70 m e velocidade de infiltração básica (VIB). Para isso, as amostras foram coletadas 100 dias após o plantio do milho, época em que a planta já tinha alcançado o estágio fenológico R6. Os dados coletados foram submetidos à análise de componente principal (PCA). Para analisar as variáveis físico-hídricas e uma análise de agrupamento por método hierárquico que possibilitou uma observação de similaridade entre os tratamentos T2 e T3, a consorciação entre milho e Brachiaria brizantha cv. Marandu, Milho consorciado Brachiaria decumbens cv. Basilisk, promoveu efeitos positivos na estruturação do solo com uma redução da resistência a penetração, macro e microporos, como também na água disponível e ponto de murcha permanente.

Palavras-chave: Zea mays; Panicum maximum; Resistência à penetração do solo.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the impacts of management systems on the physical and water quality of a dystrophic Yellow Latosol (LAd) in the Cerrado Maranhense. The research was carried out at the Unha de Gato Farm, located on the banks of MA 230 in the municipality of Mata Roma - MA, in an area of intensive soybean planting followed by green corn planting. The experimental design used was a randomized block design, which consisted of four treatments and five replications (4 x 5), consisting of four intercropping systems between Pioneer corn P3397PWU, 90-day cycle and brachiaria, being T1-Single corn, T2- Corn/*Brachiaria brizantha* cv. Marandu, T3-Milho/*Brachiaria decumbens* cv. Basilisk and T4- Maize/*Panicum maximum* cv. Mombaça., in which the following parameters of physical-water properties were evaluated: soil density, total porosity, macro and microporosity, soil resistance to penetration at depths of 0-0.10 m and 0.60-0.70 m basic infiltration speed (VIB). For this, samples were collected 100 days after corn planting, by which time the plant had already reached the R6 phenological stage. The collected data were subjected to principal component analysis (PCA) to analyze the physical-water variables and a cluster analysis using a hierarchical method that allowed for an observation of similarity between treatments T2 and T3, the intercropping between corn and *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, Corn consortium *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, promoted positive effects on the structuring of the soil with a reduction in resistance to penetration, macro and micropores, as well as in available water and permanent wilting point. **Keyword:** *Zea mays*; *Panicum maximum*; Resistance to soil penetration.

1. INTRODUÇÃO

O milho é uma das culturas mais importantes para a humanidade, tanto econômica e socialmente, quanto nutricional. Este grão tem grande relevância econômica no cenário mundial da produção agrícola, sendo consumido direta e indiretamente em todas as partes do mundo, porém não sendo possível ser cultivado em todas. (FORNASIERI FILHO, 2007; CRUZ et al., 2010a; CONAB, 2018a).

No Brasil, o milho é o segundo cereal mais cultivado, seguido da soja. O país é o terceiro maior produtor de milho do mundo com uma produção total esperada para a safra 2020-21 de 105,2 milhões de toneladas. (CONAB, 2021). Na Região Norte/Nordeste, a expectativa de plantio é que haja uma redução de 2,6% na intenção dos produtores, ocupando uma área de 1.290,9 mil hectares, focado especialmente no atendimento à demanda local. (CONAB, 2021a; IEA, 2018, IBGE, 2019a). Entre os estados da Região Nordeste, Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia e estados que compõem o MATOPIBA, o estado do Maranhão vem ganhando destaque com o aumento em sua produção de grãos principalmente soja e milho. (CONAB, 2021).

Segundo, (CONAB, 2021) para o Maranhão, estima-se um ligeiro acréscimo da área plantada de milho para safra 2020-21 de 0,4% em comparação com a safra anterior, passando a área semeada de 270,2 mil hectares para 271,2 mil hectares. Mediante ao crescente cenário de comercialização do grão, as inovações tecnológicas acerca da produção contribuem para um acréscimo de produtividade, tais tecnologias estão diretamente ligadas a cultivares de alta produtividade, melhoramento genético, fitotecnia, fitossanidade e adubação (EMBRAPA, 2017), sendo responsável por 50% da produção, estabelecendo assim, uma intrínseca conexão entre a escolha do material com a região a ser cultivado e o objetivo do cultivo, como: grãos, silagem, milho verde, milho branco, milho doce e milho pipoca, devendo-se ainda, atentar ao nível

tecnológico do produtor e condições edafoclimáticas, (CRUZ et al., 2010a; CRUZ et al., 2019a).

O clima na região do cerrado do Maranhão é caracterizado por invernos secos e altas temperaturas, que aceleram a decomposição da matéria orgânica, reduzindo a permanência da palha nos campos cultivados. Além do que, as condições edafoclimáticas maranhense apresentam restrições para a produção agrícola, com ocorrência de estiagem e distribuição irregular de chuvas, dificultando a produtividade das lavouras de sequeiro e afetando as reservas hídricas das lavouras irrigadas. Um dos maiores entraves para a consolidação do sistema de plantio direto, é a manutenção da cobertura do solo ao longo do ano (PACHECO et al., 2017),

No Maranhão, estado composto por Latossolos tem-se apresentado diversos problemas relacionados a compactação do solo, muita das vezes efeitos oriundos de práticas de manejos inadequadas para esse tipo de solo, visto que naturalmente os latossolos tem susceptibilidade a compactação, causadas pelo alto tráfego de maquinários nas estações chuvosas. Os efeitos da compactação de tráfego pesado podem persistir por mais de uma década e são especialmente desfavoráveis em solos altamente úmidos (GUAMAN et al., 2016, HOLTHUSEN et al., 2018).

A compactação promove um impedimento mecânico ao crescimento radicular, que pode ser simulado de forma rápida e econômica, além de gerar uma série de observações que permitem analisar a resolução espacial estrutural do solo (PARAHYBA et al., 2019).

Os Manejos conservacionistas são técnicas que estão sendo cada vez mais utilizadas, por possibilitarem o aumento da capacidade do solo de fornecer água às plantas e melhorar o desenvolvimento das raízes em camadas mais profundas podem diminuir a severidade dos efeitos nocivos dos períodos de seca sobre essas culturas (BORGHI et al., 2013; SILVA et al., 2014).

Diversos estudos têm sido realizados para melhorar a eficiência deste sistema, mostrando os benefícios do uso de espécies de gramíneas perenes consorciadas com grãos (BORGHI et al., 2013; CRUSCIOL et al., 2015). As consorciações apresentam resultados positivos que melhoram as qualidades físicas e biológicas do solo (CALONEGO et al., 2017; PARIZ et al., 2017). Eles fornecem maior disponibilidade de nutrientes no solo, resultando em melhorias na fertilidade e maiores rendimentos para as

safras seguintes (BORGHI et al., 2013; CRUSCIOL et al., 2015; BALBINOT et al., 2017; PARIZ et al., 2017).

Mudanças na estrutura física do solo devido ao sistema de manejo podem ser medidas avaliando a formação do solo e a estabilidade estrutural (FERREIRA et al., 2018). Portanto, esse estudo teve como objetivo avaliar os impactos dos sistemas de manejo na qualidade físico-hídricas de um Latossolo amarelo distrófico, na região do Cerrado Maranhense.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar os impactos dos sistemas de manejo na qualidade físico-hídricas de um Latossolo Amarelo distrófico, na região do Cerrado Maranhense.

2.2 Objetivo Específico

- Identificar os cultivos de cobertura que proporcione maior velocidade de infiltração de água no solo.
- Analisar através de ferramentas multivariáveis com utilização de técnica de agrupamento hierárquico (HCA) e a análise de componentes principais (PCA), as variáveis físico-hídricas do solo;
- Identificar fatores limitantes da produção agrícola da cultura do milho;
- Determinar atributos da estrutura do solo no sistema milho consorciado com pastagens.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Sistema de consorcio milho e braquiária

Em 2020 O Cerrado respondeu por 20% da área colhida com milho no Brasil, em 2015, essa participação foi bem maior (49%), nesta perspectiva, em quatro décadas o bioma se tornou a principal região de cultivo desse grão no País (SANTANA, CAM et al., 2020). As expectativas totais para a cultura na safra 2020/21 consiste no plantio de 18.442,2 mil hectares e uma produção aproximada de 104,9 milhões de toneladas do grão (CONAB, 2020).

Na maioria das regiões do mundo, principalmente onde a distribuição das chuvas é irregular durante o ano, geralmente é realizada apenas uma safra por ano agrícola. Esta safra é conduzida na estação chuvosa (verão), deixando o solo exposto e sujeito às intempéries do clima durante o resto do ano, o que muitas vezes pode causar erosão, perdas de nutrientes e conseqüentemente, redução em produtividade das culturas (CARVALHO et al., 2014; CALONEGO; ROSOLEM, 2010; CRUSCIOL et al., 2015, 2016; RAPHAEL et al., 2016).

Tentando solucionar essa problemática o cultivo consorciado de milho com braquiária é uma oportunidade para aumentar a produtividade de milho e de soja, na rotação/sucessão (CECCON et al., 2014). Avaliando o rendimento de grãos e silagem em diferentes cultivares de milho em consórcio com braquiárias, Alvarenga et al. (2016) encontraram resultados satisfatórios de produtividade para ambos, além da pastagem bem formada durante o consórcio.

Em altas populações de plantas, após a colheita do milho, a braquiária, principalmente *B. brizantha* pode ser utilizada como pastagem por causa da maior produtividade de forragem em função do maior número de plantas. As condições climáticas da região podem interferir no desenvolvimento das duas espécies. Em baixas populações de plantas, a forrageira proporciona adequada quantidade de massa para cobertura do solo (CECCON et al., 2014).

A qualidade do solo no Sistema Plantio Direto (SPD) e a estabilidade de produção das culturas são influenciadas pelo aporte de biomassa no sistema (Franchini et al., 2012; Balbinot Junior et al., 2017) e a melhorar o desempenho agrônômico da soja (Franchini et al., 2015; Balbinot Junior et al., 2017). Portanto para extrair o máximo de benefício em ambas as culturas no sistema consorciado, o ideal é realizar a supressão das forrageiras com a utilização consciente de subdoses de herbicidas seletivos à cultura do milho (LEISSON SÁVIO BRANDÃO et al., 2020). GRIGOLLI et al. (2017), encontraram resultados que demonstram que doses crescentes de atrazina proporcionam o melhor desenvolvimento da braquiária e produtividade do milho, principalmente em mistura com nicossulfuron. Avaliando a utilização do herbicida glifosato em diferentes doses Lima et al. (2019) concluiu que as forrageiras tiveram seu crescimento fortemente inibido com subdoses de glifosato superiores a 250 g e.a. ha⁻¹ para *B. brizantha* cv. Marandu e 165 g e.a. ha⁻¹ para *B. ruziziensis*, e que subdoses

inferiores a 238 e 105 g e.a. ha⁻¹ tem potencial de utilização visando o manejo da *B. brizantha* cv. Marandu e *B. ruziziensis* respectivamente.

3.2 Compactação do solo e o aumento da resistência a penetração do solo

.A compactação do solo é caracterizada pelo aumento da densidade do solo, pelos altos valores de resistência do solo à penetração, redução da infiltração de água, distribuição e tamanho de poros no solo e pela diminuição de difusão dos gases e disponibilidade de nutrientes (VALADÃO et al., 2015; SCAPINELLI et al., 2016). Gomes Júnior et al. (2016) constataram o efeito do manejo por meio da avaliação de solos cultivados com diferentes espécies vegetais e, em ordem decrescente, foi verificada maior resistência à penetração naqueles cultivados com cana-de-açúcar, soja, pinhão-manso e floresta nativa.

Monteiro et al. (2017) verificaram o efeito de cinco implementos, empregados individualmente, no preparo de um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico e verificaram que a resistência do solo à penetração foi menor com o arado de disco ou arado de aiveca; a cobertura vegetal do solo após o preparo se manteve maior com o uso de subsolador e a grade leve não foi eficiente para revolver o solo em preparo primário. O sistema de plantio convencional (SPC) e o sistema de plantio direto (SPD) estão entre as principais formas de manejo do solo, e a escolha varia de acordo com a textura, estrutura e grau de compactação do solo, bem como de acordo com a disponibilidade de equipamentos e de recursos do produtor (NASCENTE et al., 2011).

Todavia, as máquinas e implementos agrícolas utilizados para as operações de preparo do solo estão cada vez maiores e mais pesados, e com o uso crescente do maquinário nos sistemas produtivos, o solo passou a receber maior pressão, e quando associada ao uso inadequado de acordo com as condições de umidade do solo, resulta no aumento da compactação e diminuição da produtividade das culturas (CORTEZ et al., 2017; FERRARI et al., 2018). Ela causa incremento na resistência à penetração das raízes, que dependendo do grau em que ocorre, pode promover condições que restringem o desenvolvimento e produção das culturas (LIMA, et al., 2013b; SILVA et al., 2014; SZYMCZAK et al., 2014; ROSSETTI e CENTURION, 2017).

A resistência do solo à penetração representa as condições de desenvolvimento das raízes das plantas e pode ser medida por meio de equipamentos denominados

penetrômetros (STOLF, 1991). O uso de penetrômetros para medir a resistência mecânica do solo é uma técnica vantajosa, pois os penetrômetros são equipamentos simples e de fácil manuseio, apresentando também, a vantagem de fornecerem medidas “in situ”, ou seja, no local de interesse (HILLEL, 2003, CAMPOS et al., 2013; OLIVEIRA FILHO et al., 2015). Tais instrumentos se classificam em função do seu princípio de penetração, podendo ser estáticos, os quais registram a resistência mecânica do solo à penetração (RP) em um dinamômetro, devido à pressão exercida no penetrômetro contra o solo, ou dinâmicos, no qual a haste do equipamento penetra no solo em virtude de um peso (martelo) que cai em queda livre de uma altura constante (STOLF, 1991).

3.3 Época de plantio

O milho apresenta algumas especificidades para que tenha um bom desenvolvimento. Existem dois fatores principais que podem afetar o cereal: a precipitação e a temperatura. As temperaturas ideais do solo para o cultivo do milho estariam entre 25 e 30 °C, temperaturas do solo inferiores a 10 °C e superiores a 40 °C podem ocasionar problemas na germinação. No caso da floração da planta, temperaturas menores que 15,5 °C retardam o desenvolvimento. Em suma, verões com temperaturas médias diárias inferiores a 19 °C e durante a noite menores que 12,8 °C não são recomendados para a produção do milho (CRUZ et al., 2010). No que se refere ao regime pluviométrico, o milho pode ser cultivado em regiões onde as chuvas apresentam valores desde 250 até 5000 mm anuais, e a média de consumo da planta durante seu ciclo fica entre 600 mm. O consumo diário do cereal nos estágios iniciais tende a não ultrapassar valores acima de 2,5 mm, enquanto que durante a maturação esses valores podem chegar até 10 mm dia⁻¹, em locais com a umidade muito baixa e que apresentam temperaturas elevadas (CRUZ et al., 2010).

A sua grande adaptabilidade, representada por variados genótipos, permite o seu cultivo desde o Equador até ao limite das terras temperadas e desde o nível do mar até altitudes superiores a 3600 metros, encontrando-se, assim, em climas tropicais, subtropicais e temperados (BARROS; CALADO, 2014).

3.4 Relação teor de água no solo e sua Resistência a penetração

As variações climáticas, principalmente relacionadas às chuvas, determinam a produção de gramíneas e grãos. Assim, comentários e monitoramento da umidade do

solo são corrigidos para quantificar as variações nos teores de água, bem como determinar o intervalo ótimo de água e suas relações com a capacidade de água disponível no solo, para planejamento de consórcio e manejos de irrigação (MACHADO et al., 2015, ANJOS et al., 2017, SRIVASTAVA et al., 2018). Poucos estudos avaliaram a dinâmica da água no solo após a adoção de sistemas integrados de produção englobando culturas e espécies forrageiras, na região centro-norte do Brasil (GSF SILVA et al. 2020). Alguns estudos conduzidos no bioma Savana brasileiro no sudoeste do estado do Piauí utilizaram o índice de satisfação das necessidades de água para subsidiar o zoneamento de riscos climáticos (ANDRADE JÚNIOR et al., 2017) e determinar o Kc (SILVA, 2011) para milho e *Brachiaria ruziziensis* (vista. *Urochloa ruziziensis*) consórcio.

Andrade Júnior et al. (2017) avaliando a satisfação da necessidade de água do milho e *B. ruziziensis* cultivado em monocultivo e consorciado com diferentes disponibilidades de água no solo e encontrou eficiência 43% maior no sistema consorciado, quando comparado ao monocultivo, utilizando água a 100% da ETo (evapotranspiração de referência), como também encontrado no presente estudo. A eficiência diminuiu 4% ao usar 80% do ETo, denotando que a disponibilidade de água restringe diretamente a eficiência do milho e *B. ruziziensis* consórcio. Essa diferença afeta a eficiência do uso da terra em sistemas consorciados. Portanto, nas condições da microrregião leste do Maranhão, o uso de *B. ruziziensis* sementes em uma densidade de semeadura de até 2 kg ha⁻¹ o consórcio com o milho pode resultar em baixas reduções no rendimento de grãos de milho e uma boa produção de matéria fresca e seca, contribuindo para a produção de forragem para uma safra seguinte (GSF SILVA et al., 2020).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi conduzida durante os meses de outubro a dezembro de 2020 na Fazenda Unha de Gato, localizada as margens da MA 230 no município de Mata Roma/MA (3°42'25.841" latitude sul, 43°11'10.354" longitude oeste e 79 m de altitude), situado na região do leste maranhense. A região apresenta clima subúmido megatérmico (C2s2A 'a') de acordo com a classificação de Thornthwaite (1948), com grande deficiência hídrica no verão (PASSOS et al., 2016). O solo utilizado foi um

Latossolo Amarelo distrófico (LAd), textura franco-arenosa, segundo SANTOS et al. (2013). Esta área de estudo é de cultivo intensivo usada para plantios de soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*).

Os tratamentos constituíram de cinco repetições (4 x 5), com delineamento experimental utilizado de blocos ao acaso, sendo Milho solteiro (T1), Milho consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (T2), Milho consorciado *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk (T3) e Milho consorciado *Panicum maximum* cv. Mombaça (T4). Sendo o estágio fenológico do milho R6 (Maturidade Fisiológica).

O preparo do solo foi realizado inicialmente com aração e gradagem, procedendo-se a calagem de acordo com a análise química do solo da área. Sendo utilizado a recomendação para o milho, cultivar híbrido Pioneer P3397PWU, ciclo 90 dias. A semeadura foi realizada com espaçamento de 0,20 m entre plantas e 0,80 m entre linhas.

A adubação foi realizada de acordo com a análise de solo e recomendação para a cultura conforme Ribeiro et al. (1999). A adubação de fundação foi de 300 kg de NPK na formulação 16-34-00 por hectare, após isso visando a máxima produção do milho, foram feitas três adubações de cobertura 10,15 e 25 dias após a semeadura. 10 dias após a semeadura foi se utilizada 80 kg.ha⁻¹ de NPK (nitrogênio, fosforo e potássio) na formulação 00-10-30, 15 dias após a semeadura foi utilizado 100 kg.ha⁻¹ de NPK na formulação 10-10-30, 25 dias após a semeadura foi feito a última adubação de cobertura utilizando 100 kg.ha⁻¹ de ureia e ainda 50 kg.ha⁻¹ de NPK na formulação 10-10-30. A semeadura das pastagens foi a lanço após a segunda adubação de cobertura do milho (55 dias).

Foram avaliadas as seguintes propriedades físico-hídricas: densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade, resistência do solo à penetração e velocidade de infiltração básica (VIB). Os parâmetros de densidade, porosidade total, macroporosidade e microporosidade foram determinadas de acordo com as recomendações do Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA (1997).

A densidade do solo foi determinada através do método do anel volumétrico, no qual o solo é coletado através de um cilindro metálico e seco em estufa a 105°C por 24 horas. Obtendo-se os valores de densidade com a Equação 1:

$$D_s = \frac{M_s}{V} \quad Eq.1$$

onde:

D_s = densidade do solo (g/cm³);

M_s = massa do solo seca a 105°C (g);

V = volume do anel ou cilindro (cm³).

Para a determinação de porosidade total foi a princípio obtidos os valores de densidade de partículas (equação 2) pelo método do balão volumétrico (EMBRAPA, 1997), conforme a equação 2:

$$D_p = \left(\frac{TFSE}{50 - V_{ag}} \right)$$

Eq.2

onde:

D_p = Densidade de partícula (g/cm³);

TFSE = Terra Fina Seca em Estufa (g);

V_{ag} = volume de álcool gasto (ml).

Os valores de microporosidade foram obtidos pela câmara de Richard, no qual as amostras de solo são saturadas e postas na câmara que drena a água presente nos macroporos. Obtém-se o volume de porosidade total e microporos com as equações 3, 4 e macroporosidade por estimativa a partir da diferença entre porosidade total e microporosidade conforme equação 5:

$$P_T = 1 - \left(\frac{D_s}{D_p} \right)$$

Eq.3

$$Microporos = \frac{M_{60} - M_s}{V}$$

Eq.4

$$Macroporos = PT - Microporos$$

Eq.5

onde:

M₆₀ = peso da amostra após ser submetida a tensão de 60 cm de coluna de água;

M_s = peso da amostra seca a 105°C (g);

V = volume do cilindro (cm³);

D_p = densidade de partícula (g/cm³).

A resistência à penetração (RP) foi determinada através do penetrômetro de impacto (modelo IAA/Planasulcar-Stolf) de acordo com método descrito por Stolf et al. (1983). Os dados obtidos serão transformados em RP com o uso da fórmula proposta por Stolf (1991), Equação 6:

$$RP = \left[\frac{\left(Mg + mg + \left(\frac{M}{M+m} \right) \times \left(\frac{MGh}{X} \right) \right)}{A} \right] \times X$$

Eq.6

onde:

RP=Resistência do solo à penetração (MPa);

M=Massa do êmbolo, 4 kg (Mg- 4 kgf);

m=Massa do aparelho sem êmbolo, 3,2 kg (mg - 3,2 kgf); g-Aceleração da gravidade;

H=Altura de queda do êmbolo (40 cm);

X= Penetração da haste do aparelho, cm/impacto;

A= área da base do cone de penetração (cm²).

Os testes de resistência foram realizados até a profundidade de 60 cm nas condições de campo utilizando um penetrômetro de impacto (modelo IAA/Planasulcar-Stolf).

Os pontos de capacidade de campo e ponto de murcha permanente foram determinados pelo método da câmara de Richards (EMBRAPA, 1997). A capacidade total de água no solo (CAD) para as plantas foi obtida a partir da equação 7, conforme BERNARDO et al. (2006):

$$CAD = \frac{CC - PMP}{10} D_s \cdot Z \quad Eq.7$$

onde:

CC= capacidade de campo (tensão de 10 kPa);

PMP = ponto de murcha permanente (tensão de 1.500

kPa); D_s = densidade do solo (g/cm³);

Z = profundidade efetiva das raízes (cm).

Os testes de infiltração foram realizados pelo método de infiltrômetro de anéis (Equação 8), de acordo com BRANDÃO, 2006.

$$V_i = \frac{\nabla I}{\nabla T}$$

Eq.8

onde:

V_i = Velocidade de infiltração em (mm/h);

∇I = variação de infiltração (mm);

∇T = variação do tempo (mm);

Para a análise multivariada dos parâmetros físico-hídricos do solo foi utilizada a análise de componente principal (CPA), usando uma transformação linear ortogonal, foi realizada para separar as variáveis correlacionadas e não correlacionadas, usando uma matriz vetorial para reduzir a dimensionalidade (CRUZ et al., 2011) e facilitar a interpretação do conjunto de dados (BORŮVKA et al. 2005).

5. RESULTADOS

A análise de agrupamento por método hierárquico possibilitou uma observação de similaridade entre os tratamentos T2 e T3 e uma discrepância com relação aos tratamentos T1 e T4, sendo capaz de formar dois grupos a partir das quatro áreas estudadas dos sistemas consorciados denominados de tratamentos: Grupo 1 contendo o (T2) milho consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e (T3) milho consorciado *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e o Grupo 2 contendo o (T4) Milho consorciado *Panicum maximum* cv. Mombaça e Milho solteiro (T1). O dendograma apresentou uma correlação alta entre os tratamentos de cada grupo e uma discrepância grande entre os grupos, o que significa que as distâncias representadas no dendrograma possuem alto grau de confiabilidade, sendo criada uma linha de corte para divisão dos grupos, que foi determinada maior igual a 71 %.

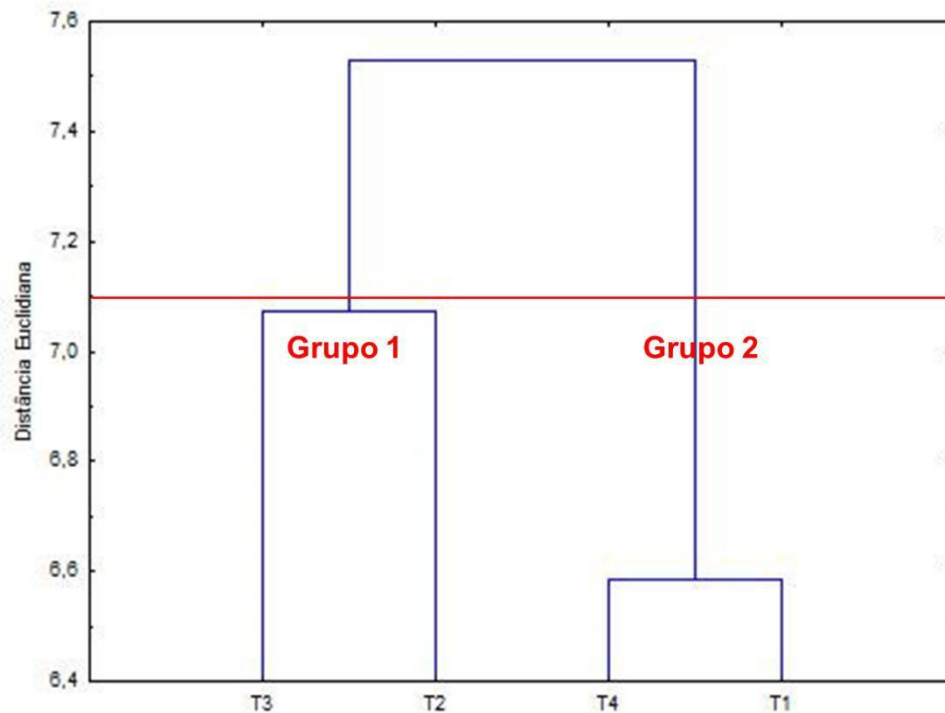


Figura 1. Dendrograma mostrando a hierarquia de grupos (sistemas consorciados) resultante da análise de agrupamento por método hierárquico.

Para o CP1 formado pelos tratamentos T2 e T3 as variáveis que contribuíram para a formação dos grupos com maior relevância estão em destaque na figura 2, que mostra os valores em destaque das demais, Rp-0,10 m do TRATAMENTO T2 e DP-0,40 m do TRATAMENTO T3 que apresentaram as maiores similaridades entre si, e diferenças entre amostras dos tratamentos do grupo 2 (T1 e T4).

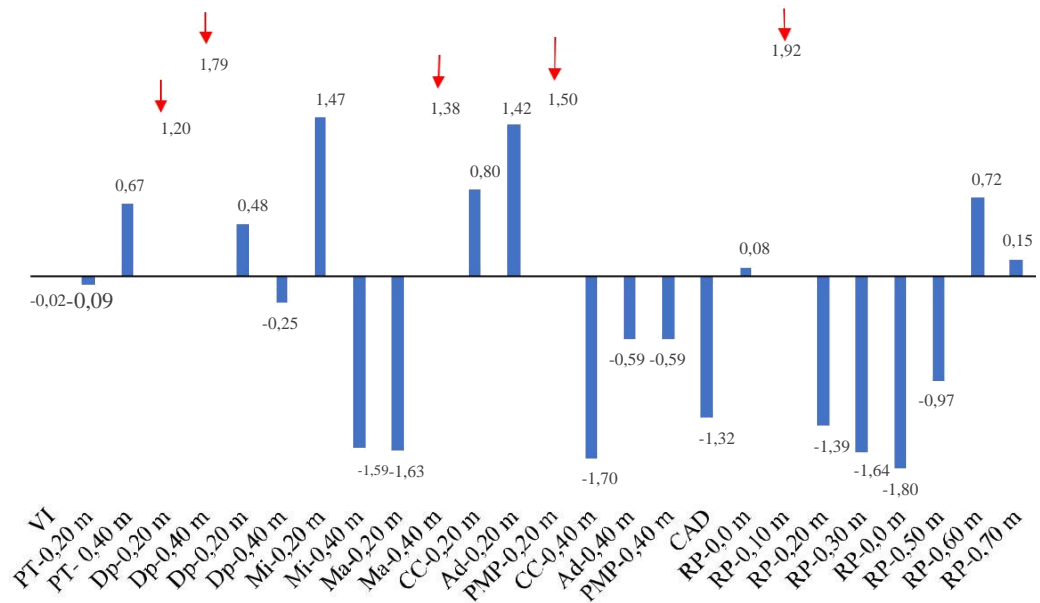


Figura 2. Cargas das variáveis no componente principal 1 (CP1).

As variáveis Dp-0,40 m, Ma-0,40 m, Dp-0,20 m e Rp-0,10 m e PMP-0,20 pertencentes a CP1 são variáveis associadas ao bom desempenho físico-hídrico da cultura do milho, e estão correlacionadas positivamente entre elas, no qual se encontra os tratamentos T2 e T3 aquelas que estão representadas negativamente explica a discriminação dentre os grupos 1 e 2, compostos pelos tratamentos T1 e T4, estando localizadas mais à esquerda de CP1 divergindo com o grupo 1 localizado a direita do gráfico (Figura 4). No que se refere a CP2, a variável RP-0,50 m apresentou uma grande distinção sendo a responsável por distinguir o grupo 2 do grupo 1 (Figura 3 e Figura 4).

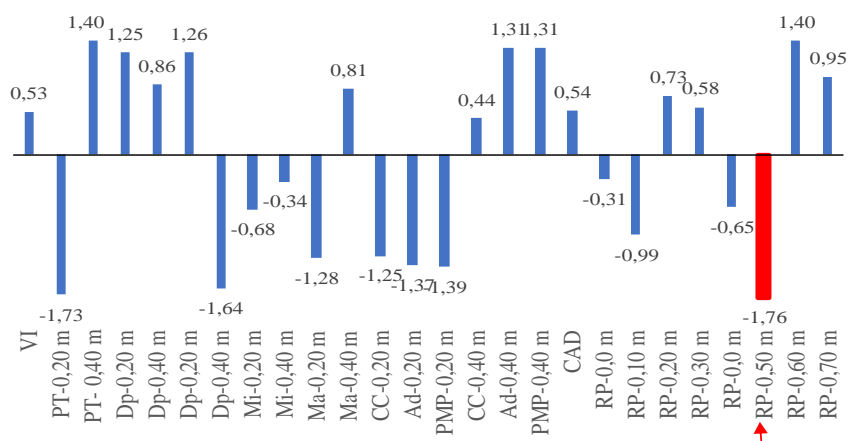


Figura 3. Cargas das variáveis no componente principal 2 (CP2).

Conforme os resultados observados no gráfico (Figura 4), os tratamentos T2 e T3 expressam os melhores resultados positivos quando comparados aos tratamentos T1 e T4 uma correlação positiva entre essas propriedades físico-hídricas que compõe o CP1 e seus respectivos tratamentos aplicados. Observa-se que no tratamento T3 os parâmetros físicos que melhor explicou estão nas camadas a baixo de 0,20 m, sendo que os de maior relevância foram Dp-0,40 m, Ma-0,40 m. Apresentando menor resistência a penetração, indicando que a área está menos compactada, com maior fluxo de macro poros, Cortez et al. (2011) observou, na profundidade de trabalho em que os implementos revolvem a camada superficial durante o preparo do solo é até 0,20 m de profundidade, ocasionando valores de RP mais baixos, e normalmente os maiores valores encontram-se abaixo da camada trabalhada.

O tratamento T2 apresentou influência das propriedades Rp-0,20 m, PMP-0-0,20 m, microporosidade (Mi-0,20 m) e água disponível no solo (Ad-0,20 m). Destacamos as propriedades físico-hídricas Rp-0,10 m e ponto de murcha permanente (PMP-0-0,20 m), apresentando os maiores valores de relevância sobre T2 (Milho consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu). Este fator pode estar atrelado ao intenso tráfego de tratores na área de cultivo que afetaram a estrutura do solo e podem ter contribuído para a alteração dos fluxos de água e nutrientes durante a safra do milho (MORAES, MOACIR TUZZIN de et al., 2018). Feitosa et al. (2020) observou-se que o solo sob pastagem manteve maior teor de água do que os demais sistemas.

Para o T4 houve influência na camada sub superficial indo até 0,20m, nos quais os parâmetros de maior relevância foram Rp-0,10 m, PMP-0,20 m, Mi-0,20 m e Ad-0,20 m. Pelos dados observados, isso significa que quanto mais profunda for a camada do solo maior será a influência desses parâmetros físico-hídrico acima citados, O grau de compactação do solo pode ser atribuído ao tráfego na forma de maquinários pesados, como tratores e colheitadeiras utilizadas para arar, plantar e colher (COSTA; NISHIYAMA, 2007).

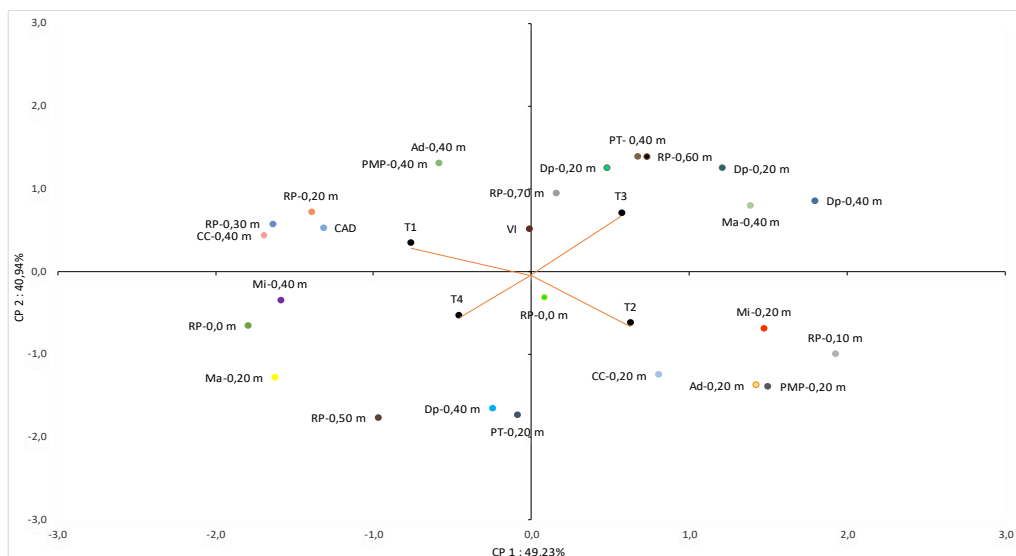


Figura 4. Gráfico Biplot para os tratamentos: T1 (Milho solteiro), T2 (Milho consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu), T3 (Milho consorciado *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk) e T4 (Milho consorciado *Panicum maximum* cv. Mombaça).

Os tratamentos T1 e T4 que estão posicionadas no quadrante esquerdo do CP1 apresentaram as maiores taxas de resistências à penetração sendo inversamente associadas às áreas T3 e T2, Farias et al. (2017), encontrou resultados parecidos ao avaliar sistemas de plantios e observar que as maiores resistências à penetração foram associadas às áreas de pastagem, plantio direto e área de preparo convencional.

O tratamento T1 tem uma pequena variação de T4, mas, os parâmetros de ambas se mostram na mesma profundidade do solo abaixo de 0,20 m, se diferindo apenas a variável Mi-0,40 m em T4 e Ma-0,20 m que tiveram maior relevância ao explicar o tratamento, seguido de Rp-0,00 m, a Capacidade de Campo (CC-0,40 m) foi o parâmetro que melhor definiu o tratamento T1(Milho solteiro), seguido de Rp-0,30 m, Rp-0,40 m e CAD, isso se deu devido a composição do solo de T1 sendo composto de solo arenoso e apenas pelo milho solteiro, outro fator foi que a área no qual foi implantado o experimento passou por um processo de subsolagem na safra que antecedeu o início do experimento, provocando a influência na estruturação do solo, apresentando mais microporos e macroporos em sua estrutura, corroborando com (SARTORI et al., 2015 ; GIACOMELI et al., 2016). Seguido da resistência a

penetração (RP-0,30 m) que se manteve acima de 2Mpa, o que geralmente é considerado limitante para o desenvolvimento da raiz (BORTOLUZZI et al., 2014).

6. CONCLUSÕES

A consorciação entre milho e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, Milho consorciado *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, promoveu efeitos positivos na estruturação do solo com uma redução da resistência a penetração, macro e microporos, como também na água disponível e ponto de murcha permanente.

As técnicas de estatísticas multivariadas de análise de componente principal e agrupamento por método hierárquico retratam-se mais importantes para serem aplicadas na fase exploratória de estudos envolvendo a atuação de pastagens na física do solo consorciado com o milho.

Recomenda-se a repetição do experimento por um ciclo maior do milho para uma melhor avaliação da influência das pastagens nas características físico-hídricas da cultura.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE JÚNIOR, AS de; SILVA, JL da; FERREIRA, JOP; IRENE FILHO, J. Índice de satisfação da necessidade de água do consórcio milho- braquiária. **Agrometeoros**, v. 25, n. 1, pág. 199-208, 2017.
- ANJOS, JCR dos; ANDRADE JÚNIOR, AS de; BASTOS, EA; NOLETO, DH; MELO, FB; BRITO, RR de. Armazenamento de água em Plintossolo Argilúvico cultivado com cana-de-açúcar sob níveis de palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 6, p. 462-471, 2017.
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; MORAES, A.; BACKES, R. L. Efeito de coberturas de inverno e sua época de manejo sobre a infestação de plantas daninhas na cultura de milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 473-480, 2009.
- BALBINOT, AA; SANTOS, JCF DOS; DEBIASI, H .; YOKOYAMA, AH Contribuição de raízes e brotos de espécies de *Brachiaria* para o desempenho da soja em sucessão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, p.592-598, 2017. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2017000800004> > Acesso em: 31 Jan. 2021a.
- BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. A cultura do milho. Évora: Escola de Ciências e Tecnologia. 52 p. 2014.

BERNADO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 2008, 8^a ed. 625 p.

BLANCO-CANQUI H, RUIS SJ (2018) Plantio direto e ambiente físico do solo. **Geoderma** 326: 164-200. > Acesso em: 09 Agos. 2020a.

BORUUVKA L, VACEK O, JEHLIČKA J (2005) Análise de componentes principais como uma ferramenta para indicar a origem de elementos potencialmente tóxicos em solos. **Geoderma** 128: 289-300.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, CAC; NASCENTE, AS; SOUSA, VV; MARTINS, PO; MATEUS, GP; COSTA, C. Produção de grãos de sorgo, produção e receita de biomassa forrageira em função da época de consórcio. **European Journal of Agronomy**, v.51, p.130-139, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.08.006> > Acesso em: 20 Ago. 2020a.

BORTOLUZZI, EC; PARIZE, GL; KORCHAGIN, J .; SILVA, VR da; RHEINHEIMER, D. dos S .; KAMINSKI, J. Crescimento radicular da soja e produtividade da cultura em resposta à calagem no início do sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.262-271, 2014. DOI: 10.1590 / S0100-06832014000100026.
Brasília, Embrapa, 3 ed. ver ampl. 353 p.

BRANDÃO, V. S.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA D. D. **Infiltração de água no solo**. Viçosa: Ed. UFV,2006. 120p.

CALONEGO, J. C., ROSOLEM, C. A. Soybean root growth and yield in rotation with cover crops under chiseling and no-till. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, n. 33, p. 242-249, 2010.

CALONEGO, JC; Raphael, JPA; Rigon, JPG; Oliveira Neto, L. de; Rosolem, CA Manejo da compactação do solo e produtividade da soja com plantas de cobertura sob plantio direto e escarificação ocasional. **European Journal of Agronomy**, v.85, p.31-37, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.02.001> > Acesso em: 21 Fev. 2021a.

CAMPOS, M. C. C.; AQUINO, R. E.; OLIVEIRA, I. A.; BERGAMIM, A. C. Variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração e umidade do solo em área cultivada com cana-de açúcar na região de Humaitá, Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, p.305-310. 2013.

CARVALHO, P. C. F.; MORAES, A.; PONTES, L. S.; ANGHINONI, I.; SULC, R. M.; BATELLO, C. Definições e terminologias para Sistema Integrado de Produção Agropecuária. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 45, n. 5, p. 1040-1046, 2014.

CECCON, G.; SILVA, J. F. da; NETO, A. L. N.; MAKINO, P. A.; SANTOS, A. dos. Produtividade de milho safrinha em espaçamento reduzido consorciado com populações

de plantas de *Brachiaria ruziziensis*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 3, p. 326-335, 2014. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v13n3p326-335.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2016**. Disponível em: Acesso em: 30 Dez. 2018a. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercadoagropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-de-conjunturas-demilho/item/11363-milho-conjuntura-semanal-06-05-a-10-05-2019>> . Acesso em: 19 Mai. 2019b.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO.
Grãos - Série

Histórica 2019. Disponível em: < <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/index.php/safra-seriehistorica-dashboard>>. Acesso em: 31 Mai. 2019c.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **acompanhamento da safra brasileira de grãos** | v. 8 – safra 2020/21, n. 1 – primeiro levantamento | outubro 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 17 Set. 2020.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira. Disponível em: <E-book_BoletimZdeZSafrasZZ2oZlevantamento.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2020.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento.
Acompanhamento da safra

brasileira grãos. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/.../safra/...safra.../16780_e7a4a52ee1db76ad1a8cfda9b2343c...>. Acesso em: 4 fev. 2021.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.;

VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F.; MATRANGOLO, W. J. R.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. Manejo da cultura do milho. 6 ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 10p. 2010.

CORTEZ, J. W.; MAUAD, M.; SOUZA, L. C. F.; RUFINO, M. V.; SOUZA, P. H. N. Atributos agronômicos da soja e resistência à penetração em plantio direto e escarificado. **Revista Engenharia Agrícola** v. 37, n. 1, 2017.

COSTA, P. MM., & NISHIYAMA, L. (2007) Utilização do permeâmetro guelph e penetrômetro de impacto em estudos de uso e ocupação dos solos em m bacias hidrográficas. **Caminhos de Geografia**, 8 (24), 1131-143. Recuperado de <http://www.seeer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/155589>

CRUSCIOL, C. A. C.; ARTIGIANI, A. C. C. A.; ARF, O.; CARMEIS FILHO, A. C. A.; SORATTO, R. P.; NASCENTE, A. S.; ALVAREZ, R. C. F. Soil fertility, plant nutrition, and grain yield of upland rice affected by surface application of lime, silicate,

and phosphogypsum in a tropical no-till system. **Catena**, Cremlingen, v. 137, p. 87-99, 2016a.

CRUSCIOL, C. A.C.; NASCENTE, A. S.; BORGHI, E.; SORATTO, R. P.; MARTINS, P. O. Improving Soil Fertility and Crop Yield in a Tropical Region with Palisadegrass Cover Crops. **Agronomy Journal**, Madison, v. 107, n. 6, p. 2271-2280, 2015.

CRUSCIOL, CAC; Nascente, AS; Borghi, E.; Soratto, RP; Martins, PO Melhorando a fertilidade do solo e a produtividade de culturas em uma região tropical com cobertura de capim-braquiária. **Agronomy Journal**, v.107, p.2271-2280, 2015. <https://doi.org/10.2134/agronj14.0603> > Acesso em: 15 Mar. 2020a.

CRUZ JS, ASSIS JÚNIOR RN, MATIAS SSR (2011) CamachoTamayo, JH Variabilidade espacial de um alfissolo cultivado com cana-de-açúcar. **Ciencia e Investigacion Agraria** 38: 155-164.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. P.; GARCIA, J. C.; DUARTE, J. O. Cultivo do Milho. **Embrapa Milho e Sorgo**, Sistemas de Produção. 6ª ed. Set. 2010a. 8p. CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. P.; NETO, M.M.G. Milho para silagem. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**. 2019. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy779fнк02wx5ok0pvo4k3j537ooi.html>> Acesso em: 17 Mar. 2021a. <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/12281>

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. P.; NETO, M.M.G. Milho para silagem. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**. 2019. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy779fнк02wx5ok0pvo4k3j537ooi.html>> Acesso em: 11 Jan. 2021a.

DEMENOIS J, CARRICONDE F, REY F, STOKES A (2017) Comunidades de plantas tropicais modificam a estabilidade de agregados do solo ao longo de um gradiente de vegetação sucessional em um Ferralsol. **Ecological Engineering** 109: 161-168.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed., Rio de Janeiro-RJ: Embrapa Solos, 212 p., 1997.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de Produção Embrapa**, 2017. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao1f6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7905&p_r_p_-996514994_topicoId=8>. Acesso em: 26 Fev. 2021.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

Sistemas de Produção Embrapa, 2017. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemas_deproducaoalf6_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_76293187_sistemaProducaoId=7905>

FEITOSA, C.E.L.; COSTA, P.H.dos S.; MENESES, K. C de, OLIVEIRA, U. C de.; FARIAS, M.F.de. Changes in physical quality of oxisols under different management systems in the Brazilian Cerrado. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.40, n.5, p.609-616, set./oct. 2020.

FERRARI, J. M. S.; GABRIEL, C. P. C., SILVA, T. B. G.; MOTA, F. D.; GABRIEL FILHO, L. R. A., TANAKA, E. M. Análise da variabilidade espacial da resistência à penetração do solo em diferentes profundidades. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering** v. 12, n. 2, p. 164-175, 2018.

FERREIRA AO, SÁ JCM, LAL R, TIVET F, CLEVER B, INAGAKI TM, GONÇALVES DRP, ROMANIW J (2018) Macroagregação e restauração do carbono orgânico do solo em Latossolo Vermelho altamente intemperizado após duas décadas de plantio direto. **Science of the Total Environment** 621: 1559-1567.

FARIAS, M.F.de.; FEITOSA, C.E.L.; RODRIGUES, K.M.de.; TEIXEIRA. L.C.; FURTADO, M.B.; PARRA-SERRANO. J.L. Impact of Management on the Physical Attributes of a Dystrophic Yellow Latosol. **Journal of Agricultural Science** Vol. 9, No. 5; 2017. URL: <https://doi.org/10.5539/jas.v9n5p217>

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. 1. ed. Jaboticabal: Funep, 2007. 573p.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Desempenho da soja em consequência de manejo da pastagem, épocas de dessecação e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, p.1131-1138, 2015.

GARCIA CMP, ANDREOTTI M, TEIXEIRA FILHO MCM, LOPES KSM, BUZETTI S (2014) Decomposição da palhada de forrageiras em função da adubação nitrogenada após o consórcio com milho e produtividade da soja em sucessão. *Bragantia* 73(2)-143-152. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000400019> > Acesso em: 09 Jul. 2020a.

GIACOMELI, R.; MARCHESAN, E.; SARTORI, G.M.S.; DONATO, G.; SILVA, P.R.F da; KAISER, D.R.; ARAMBURU, B.B. Escarificação do solo e sulcadores em semeadora para cultivo de milho em Planossolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, p.261-270, 2016. DOI: 10.1590/S0100-204X2016000300008.

GLEISSON SÁVIO BRANDÃO B821s Supressão de espécies de Brachiaria em consórcio com milho safrinha utilizando subdoses de glifosato / Gleisson Sávio Brandão Brandão; orientador Marco Antônio Moreira de Freitas; co-orientador Paulo Cesar Ribeiro da Cunha. -- Urutaí, 2020. 23 p.

GOMES JUNIOR, D. G.; STOLF, R.; PERES, J. G.; PINTO, V. M.; REICHARDT, K. Soil physical quality of Brazilian crop management systems evaluated with aid of penetrometer. **Journal of Agricultural Science**, Ontario, v. 8, n. 6, p. 120- 128, 2016.

GRIGOLLI, J. F. J. et al. CONTROLE DE PLANTAS DE SOJA E SUPRESSÃO DO CAPIM EM MILHO CONSORCIADO COM BRACHIARIA RUZIZIENSIS. **Arq. Inst. Biol.**, v.84, 2017.

GSF SILVA et al. e- ISSN 1983-4063 - www.agro.ufg.br/pat - **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 50, e59809, 2020.

GUAMAN V, BÅTH B, HAGMAN J, GUNNARSSON A, PERSSON P (2016) Efeitos de curto prazo da subsolagem biológica e entre fileiras na produção de batatas cultivadas em areia argilosa e na resistência à penetração do solo, crescimento da raiz e absorção de nitrogênio. **European Journal of Agronomy**, 80: 55-65.

HILLEL, D. Introduction to environmental soil physics. **Academic Press**, New York, 494 p. 2003.

HOLTHUSEN D, BRANDT AA, REICHERT JM, HORN R (2018) Parâmetros de porosidade, permeabilidade e resistência estática e dinâmica do solo sob floresta nativa / pastagem em comparação com o plantio direto. **Soil Tillage Research** 177: 113-124.

JI B, ZHAO Y, MU X, LIU K, LI C (2013) Efeitos do preparo do solo nas propriedades físicas do solo e no crescimento da raiz do milho em argila e argila na China central. **Planta, solo e meio ambiente** 59 (7): 295-302.

KROONENBERG PM (1995) Introduction to biplots for G x E Tables. **Relatório de pesquisa** n51.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: cidades. Disponível em:< <https://cidades.ibge.gov.br/> >. Acesso em: 07 Jan. 2020b.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: **Produção Agrícola Municipal-Sidra**. Disponível em:< <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/839>>. Acesso em: 06 Jan. 2020a.

IEA- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. Secretaria de Economia Agrícola do Estado de São Paulo. São Paulo: **Estatística Produção Paulista**. Disponível em: < http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjectiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1. > Acesso em: 10 Abr. 2020. *Investigacion. Agraria* 38: 155-164.

LIMA, R. P; LEÓN, M. J. D; SILVA, A. R. Comparação entre dois penetrômetros na avaliação da resistência mecânica do solo à penetração. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 4, p. 577-581, 2013b.

LIMA, Suzete Fernandes et al. SUPPRESSION OF *Urochloa brizantha* AND *U. ruziziensis* BY GLYPHOSATE UNDERDOSES. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 3, p. 581-589, 2019.

MACHADO, CB; LIMA, JRS; ANTONINO, AC D .; ALVES, EM; SOUZA, ES de; RIBEIRO, AA; FIRMINO, FHT Fluxos de água no consórcio milho- pastagem na microbacia hidrográfica do Rio Mundaú, Pernambuco. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 3, pág. 731-740, 2015.

MONTEIRO, M. A. C.; ZOZ, A.; LIMEDE, A. C.; OLIVEIRA, C. E. S.; ZOZ, T. Efeito do preparo do solo com diferentes implementos sobre a resistência do solo à penetração. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n. 2, p. 63-68, 2017.

MORAES, MOACIR TUZZIN DE ET AL. Desempenho da cultura do milho em um Argissolo compactado pelo tráfego de trator. **Pesquisa Agropecuária Brasileira [online]**. 2018, v. 53, n. 04 [Acesso em 2 de setembro de 2021], pp. 464-477. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000400008>>. ISSN 1678-3921. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000400008>.

NASCENTE, A. S.; KLUTHCOUSKI, J.; RABELO, R. R.; OLIVEIRA, P.; COBUCCI, T.; CRUSCIO, C. A. C. Desenvolvimento e produtividade de cultivares de arroz de terras altas em função do manejo do solo. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, p. 186-192, 2011.

NOGUEIRA GUIMARÃES, I.C.; DE FARIA THEODORO, G.; BUENO YAMASHITA, N.Y.; DE OLIVEIRA GOLIN, H. E PADILHA REZENDE, R. Influência dos cultivos de milho e guandu para produção de silagem na resistência do solo à penetração. **Archivos Zootecnia**, 68 (264): p.546-550, 2019.

OLIVEIRA FILHO, F. X.; MIRANDA, N. O.; MEDEIROS, J. F.; SILVA, P. C. M.; MESQUITA, F. O.; COSTA, T. K. G. Zona de manejo para preparo do solo na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**.v.19, n.2. p.186- 193. 2015.

ORUUVKA L, VACEK O, JEHLIČKA J (2005) Análise de componentes principais como uma ferramenta para indicar a origem de elementos potencialmente tóxicos em solos. **Geoderma** 128: 289-300.

PACHECO LP, SÃO MIGUEL ASDC, SILVA RG, SOUZA ED, PETTER FA, KAPPES C (2017) Produção de fitomassa em sistemas de produção de soja em sucessão a culturas semeadas em safrinha. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira** 52:582-591.

PARAHYBA RDV, ARAÚJO, SBALMEIDA BG, NETO FCR, SAMPAIO VSV, CALDAS AM (2019) Capacidade de retenção de água em Arenosols e Ferralsols em

uma área semiárida no estado da Bahia, Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 91 (4).

PARIZ, CM; COSTA, C; CRUSCIOL, CAC; MEIRELLES, PRL; CASTILHOS, AM; ANDREOTTI, M; COSTA, NR; MARTELLO, JM; SOUZA, DM; PROTES, VM; LONGHINI, VZ; FRANZLUEBBERS, AJ Produção, ciclagem de nutrientes e compactação do solo para pastejo de gramíneas com cultivo de milho e soja. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.108, p.35-54, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10705-016-9821-y> > Acesso em: 15 Mai. 2020a.

PASSOS M, ZAMBRZYCKI GC, PEREIRA RS (2016) Balanço hídrico e RAPHAEL, J. P. A.; CALONEGO, J. C.; MILORI, D. M. B. P.; ROSOLEM, C. A. Soil organic matter in crop rotations under no-till. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 155, p. 45-53, 2016.

RIBEIRO, Antonio Carlos. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação. **Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais**, 1999.

ROSSETTI, K. V.; CENTURION, J. F. Indicadores de qualidade em Latossolos compactados e suas relações com o crescimento do sistema radicular do milho. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 11, n. 3, p. 181-190, 2017.

SANTANA, CAM et al. Cerrado: pilar da agricultura brasileira. **Área de Informação da Sede-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2020.

SANTOS HG DOS (2013) Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. SILVA MLN, LIBARDI PL, GIMENES FHS (2018) Curva de retenção de água no solo afetada pela altura da amostra. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa 42.

SARTORI, G. M. S. et al. Rendimento de grãos de soja em função de sistemas de plantio e irrigação por superfície em Planossolos. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 12, p. 1139-1149, 2015.

SILVA, F. R.; ALBUQUERQUE, J. A.; COSTA, A. Crescimento inicial da cultura da soja em Latossolo Bruno com diferentes graus de compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 38:1731-1739, 2014.

SILVA, JL da. Coeficientes de cultura do milho e *Brachiaria ruziziensis* em cultivo solteiro e consorciado. 2011. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.solo afetada pela altura da amostra. **Revista Brasileira Ciência do Solo**,

SRIVASTAVA, RK; PANDA, RK; CHAKRABORTY, UMA .; HALDER, D. Comparação da evapotranspiração real do milho irrigado em uma região sub-úmida

usando quatro diferentes opções conhecidas na resistência do dossel. **Gestão Agrícola da Água**, v. 202, n. 1, pág. 156-165, 2018.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. L. Recomendações para o uso do penetrômetro de impacto, modelo IAA/Planalsucar-Stolf. São Paulo-SP: MIC/IAA/PNMCA-Planalsucar, 1983. 8 p. (Boletim, 1). STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação de dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas-SP, v. 15, n. 3, p. 229-235, 1991.

SZYMCZAK, D. A.; JOSÉ BRUN, E.; REINERT, D. J.; FRIGOTTO, T.; MAZZALIRA, C. C.; DAL'COL L. A.; MARAFIGA, J. Compactação do solo causada por tratores florestais na colheita de *Pinus taeda* L. na região sudoeste do Paraná. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 641-648, 2014.

THEODORO, GF, GOLIN, HO, REZENDE, RP, ABREU, VLS & SILVA, M.S. Influência de sistemas de preparo na manutenção da palhada e resistência do solo à penetração. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, no. 2, p. 25-30, 2018.

TER BRAAK CJF, SMILAUER P (2002) Manual de referência CANOCO e guia do usuário CanoDraw para Windows: **software para ordenação canônica da comunidade** (versão 4.5).

Thornthwaite CW, Mather JR (1957) Instruções e tabelas para calcular a evapotranspiração potencial e o balanço hídrico. **Climatology** 10 (3).

VALADÃO, F. C. ASSIS.; WEBER, O. L. S.; VALADÃO JÚNIOR, D. D.; SCAPINELLI, A.; DEINA, F. R.; BIANCHINI, A. adubação fosfatada e compactação do solo: sistema radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 243-255, 2015.