

INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ

FABIANE BEATRIZ DE FREITAS

**QUALIDADE FÍSICA DO SOLO NO CULTIVO DE MILHO COM
DIFERENTES MANEJOS COMPARADO A MATA NATIVA**

IVAIPORÃ

2023

FABIANE BEATRIZ DE FREITAS

**QUALIDADE FÍSICA DO SOLO NO CULTIVO DE MILHO COM
DIFERENTES MANEJOS COMPARADO A MATA NATIVA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Bacharel em Engenharia Agrônoma, do
Instituto Federal do Paraná, como requisito parcial
à obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Profa. Me. Lais Martinkoski

Coorientadora: Dra. Alini Taichi Machado

IVAIPORÃ

2023

FOLHA DE APROVAÇÃO

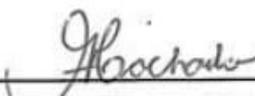
Fabiane Beatriz de Freitas

QUALIDADE FÍSICA DO SOLO NO CULTIVO DE MILHO COM DIFERENTES MANEJOS COMPARADO A MATA NATIVA

O presente trabalho em graduação foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

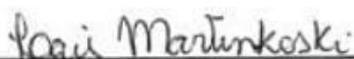


Prof. Dr. Mateus José Falleiros da Silva
IFPR – campus Ivaiporã

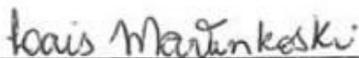


Dra. Alini Taichi Machado
IDR – Paraná

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônoma, pelo Instituto Federal do Paraná, Campus Ivaiporã.



Coordenação do Curso Engenharia Agrônoma
Profa. Me. Laís Martinkoski
Siape: 1227192



Profa. Me. Laís Martinkoski
Siape: 1227192
Orientadora

Ivaiporã, 2023.

Dedico esse trabalho a todas as pessoas que me acompanharam ao longo dessa jornada acadêmica e que contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer e dedicar este trabalho de conclusão de curso primeiramente a Deus e N. Sra. Aparecida, que sempre mostraram o caminho certo a ser seguido. Dedico aos meus pais Flavio e Vilma, e a todos os meus familiares que me ajudaram na minha trajetória.

Minhas amigas, Ana Martins que sempre me ajudou com palavras quando eu ligava chorando pedindo ajuda, e a Fernanda Kossar que esteve comigo dentro e fora da faculdade.

Agradecer ao meu namorado e aos seus pais que cederam a área para eu realizar meu experimento à campo e me ajudaram em tudo que precisei.

A minha orientadora Lais Martinkoski, que acreditou no meu potencial.

Gostaria também de agradecer aos professores e colegas de curso, que compartilharam conhecimentos e experiências ao longo dos anos.

“O segredo da vida é o solo, porque do solo dependem as plantas, a água, o clima e a nossa vida. Tudo está interligado. Não existe ser humano sadio se o solo não for sadio”

Ana Primavesi.

RESUMO

A prática de manejo denominada plantio direto na palha surgiu com a necessidade de reduzir a erosão do solo, melhorando sua eficiência na produção, além de baixar os custos de produção e recuperar a qualidade do solo. O uso de cobertura vegetal também melhora as características químicas, físicas e biológicas do solo, podendo interferir nas características físicas do solo. O presente trabalho foi desenvolvido no município de Lunardelli, região centro norte do estado do Paraná, em solo argiloso localizado em área cultivada com grãos. O objetivo foi avaliar as características físicas do solo cultivado com milho semeado em plantio direto e com diferentes manejos do solo, comparado à área de mata nativa. O delineamento na área cultivado foi o de blocos ao acaso – DBC, com 4 repetições por tratamento, os quais foram: T1 – milho solteiro colhido para grãos; T2 – milho solteiro colhido para silagem; T3 – milho para grãos, consorciado com braquiária; e um quarto tratamento, para fins comparativos, realizado em uma área de mata nativa próxima ao experimento. Os parâmetros analisados foram: a avaliação de cobertura vegetal em massa seca; taxa de infiltração de água no solo; densidade do solo; resistência mecânica a penetração no solo (RMP) e umidade; além do diagnóstico rápido de estrutura de solos (DRES). A qualidade física do solo avaliada com os indicadores testados, demonstrou que a área de mata nativa apresentou os melhores resultados em estrutura, densidade, resistência mecânica a penetração e velocidade de infiltração de água no solo, quando comparado a área cultivada com milho, independente do manejo adotado. A matéria seca da cobertura vegetal da mata nativa ficou com valores próximos do no milho solteiro para grão, mas, isso se deve provavelmente a uma maior taxa de decomposição na mata nativa. A área com milho consorciado com braquiária apresentou uma maior taxa de matéria seca da cobertura vegetal, o que resulta em um solo coberto por mais tempo e com mais decomposição de resíduos no solo. Já na área de milho para silagem, esse indicador ficou muito abaixo dos demais, demonstrando que este solo tende a ficar cada vez mais pobre em matéria orgânica, implicando na redução tanto da fertilidade como da qualidade física deste.

Palavras-chave: Estrutura do solo; características físicas; solo florestal.

ABSTRACT

The management practice called no-till planting in straw emerged with the need to reduce soil erosion, improving its production efficiency, in addition to lowering production costs and recovering soil quality. The use of vegetation cover also improves the chemical, physical and biological characteristics of the soil, which may interfere with the physical characteristics of the soil. The present work was carried out in the municipality of Lunardelli, central north region of the state of Paraná, in clayey soil located in an area cultivated with grains. The objective was to evaluate the physical characteristics of the soil cultivated with corn sown in no-tillage and with different soil management, compared to the native forest area. The design in the cultivated area was randomized blocks - DBC, with 4 replications per treatment, which were: T1 - single maize harvested for grains; T2 – single corn harvested for silage; T3 – corn for grain, intercropped with brachiaria; and a fourth treatment, for comparative purposes, carried out in a native forest area close to the experiment. The parameters analyzed were: evaluation of vegetation cover in dry mass; soil water infiltration rate; soil density; mechanical resistance to soil penetration (RMP) and humidity; in addition to the rapid diagnosis of soil structure (DRES). The physical quality of the soil evaluated with the tested indicators, demonstrated that the area of native forest presented the best results in structure, density, mechanical resistance to penetration and speed of water infiltration in the soil, when compared higher rate of decomposition in the native forest. The area with maize intercropped with brachiaria showed a higher rate of dry matter in the vegetation cover, which results in a soil to the area cultivated with corn, regardless of the management adopted. The dry matter of the vegetation cover of the native forest had values close to those of single corn for grain, but this is probably due to a covered for a longer time and with more decomposition of residues in the soil. In the area of corn for silage, this indicator was much lower than the others, demonstrating that this soil tends to become increasingly poor in organic matter, implying a reduction in both its fertility and its physical quality.

Keywords: Soil structure; physical characteristics; forest soil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Delineamento de bloco ao acaso.....	15
Figura 2 – Imagem de satélite do local do experimento e mata nativa.....	16
Figura 3 – A – Plantio do milho e separação das parcelas para seus respectivos tratamentos; B – Colheita do milho e início das avaliações.....	16
Figura 4 – A – moldura de coleta de cobertura vegetal; B – toda cobertura coletada; C – cobertura para secagem.....	17
Figura 5 – Coleta de dados da taxa de infiltração, com o uso do infiltrômetro de cornell.....	18
Figura 6 – Coleta de Resistência Mecânica a penetração, com o uso de penetromêtro de Impacto.....	19
Figura 7 – Coleta de amostra para determinação de densidade do solo.....	21
Figura 8 – A – minitrincheira; B – amostra retirada e disposta em uma bandeja; C – formato de torrões; ilustração do método de retirada de amostras e avaliação da qualidade de estrutura do solo.....	22
Figura 9 – A, B, C e D dados de RMP na área cultivada com milho e a área de mata nativa.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores Médios de Massa seca da cobertura vegetal residual, em área de diferentes manejos de milho e de mata nativa.....	30
Tabela 2 – Valores Médios de Taxa de infiltração estável (TIE) de água no solo, com Infiltrômetro de Cornell aperfeiçoado em área de diferentes manejos de milho e de mata nativa.....	31
Tabela 3 – Valores médios Resistencia Mecânica a Penetração (RMP) em diferentes profundidades na cultura do milho em diferentes manejos e em mata nativa.....	32
Tabela 4 – Valores médios de Densidade (Ds) na cultura do milho em diferentes manejos e em mata nativa.....	34
Tabela 5 – Valores médios de Diagnóstico Rápido de Estruturas do Solo (DRES) na cultura do milho em diferentes manejos e em mata nativa.....	35

Sumário

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 PROBLEMA	14
1.3 OBJETIVOS	14
1.3.1 Objetivo geral	14
1.3.2 Objetivos específicos.....	14
2 METODOLOGIA	15
2.1 MATÉRIA SECA DA COBERTURA RESIDUAL.....	17
2.2 TAXA DE INFILTRAÇÃO ESTAVEL (TIE).....	17
2.3 RESISTÊNCIA MECÂNICA À PENETRAÇÃO DO SOLO (RMP)	18
2.4 DENSIDADE DO SOLO	20
2.5 DIAGNÓSTICO RÁPIDO DE ESTRUTURA DE SOLO (DRES).....	21
2.6 TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA.....	22
3 REVISÃO DE LITERATURA	23
3.1 A CULTURA DO MILHO	23
3.2 SISTEMA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA	23
3.3 COBERTURA VEGETAL NO SOLO	25
3.4 QUALIDADE FÍSICA DO SOLO	26
3.4.1 Infiltração de água no solo	26
3.4.2 Resistência mecânica a penetração.....	27
3.4.3 Densidade do solo.....	27
3.4.4 Diagnóstico Rápido de estrutura do solo.....	28
3.4.5 Matéria orgânica.....	28
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	29
4.1 ANÁLISE DE MATERIA SECA DA COBERTURA VEGETAL RESIDUAL	29
4.2 ANÁLISE DE RESISTÊNCIA MECÂNICA A PENETRAÇÃO.....	31
4.4 ANÁLISE DE DENSIDADE DO SOLO	33
4.5 ANÁLISE DIAGNÓSTICO RÁPIDO DE ESTRUTURA DO SOLO	34
4.6 TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA (MO)	35
5 CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

Em 40 anos, a produção de grãos no Brasil cresceu mais de seis vezes, de 38 milhões de toneladas para 236 milhões de toneladas de produção. Já a área de produção aumentou apenas duas vezes (EMBRAPA, 2018). Segundo ALVES *et al.* (2015), o milho é cultivado em todos os estados do Brasil, a concentração da produção fica nas regiões do Sul, Centro-Oeste e Sudeste. O Paraná, Mato Grosso, Rio Grande do Sul e Minas Gerais contribuem com 51,04% de toda a produção brasileira, pelo aumento excepcional da demanda devido à produção animal no país. Segundo a projeção da Conab (2023), o Brasil tende a ser o maior exportador mundial de milho.

Apesar de notório crescimento mundial da produção agrícola, há várias questões para serem repensadas, sendo as principais ligadas às práticas inadequadas que originam consequências nos solos. Estima-se que 60 a 100 milhões de hectares de solos brasileiros encontram-se em diferentes níveis de degradação, gerando prejuízos relevantes para econômicas e ambientais para o Brasil (EMBRAPA, 2018).

As chuvas são essenciais para a agricultura, porém, podem causar sérios problemas de erosão se o manejo e o uso do solo forem inadequados. Por meio do impacto causado pela gota da chuva e do cisalhamento causado pela enxurrada, ocorre a desagregação e transporte de partículas e agregados do solo, resultando em erosão (SBCS, 2019 p.31).

Segundo Bertoni e Lombardi Neto, (1999) citado no trabalho de Lima *et al.* 2013, a exposição da superfície do solo pela redução da cobertura vegetal é o fator desencadeante do processo erosivo. As perdas de solo decorrentes da erosão podem ocasionar prejuízos ao ambiente e ao setor agrícola, pois resultam no depauperamento dos solos, poluição e assoreamento dos cursos d'água. Apesar de constituir um fator passivo de proteção do solo, a vegetação possui grande participação na redução da erosão hídrica (CARDOSO *et al.*, 2012).

A erosão constitui um dos principais problemas da agricultura tropical, ocasionando redução significativa na produtividade vegetal. A erosão contribui ainda para a destruição biológica do solo, causando encrostamento da sua camada superficial e escoamento de enxurradas, além de perda de solo e água. Através da cobertura do solo é possível amenizar o escoamento das águas das chuvas reduzindo as perdas. As plantas conhecidas como de adubação verde e as de coberturas verdes têm destaque no auxílio no controle da erosão (ESPINDOLA, 2005).

Segundo PASSOS *et al.* (2018) o sistema de plantio direto refere-se à ausência de revolvimento do solo, ou melhor, a semeadura de culturas agrícolas com revolvimento ocorrendo apenas na linha de plantio. Visa melhorar o solo, pois quando há o revolvimento, o mesmo fica exposto causando perda de produção agrícola devido principalmente a redução da umidade e aumento da temperatura do solo. No sistema de plantio direto ocorre uma melhor manutenção da umidade devido à palhada deixada a campo, na superfície, estas são oriundas de plantas de cobertura semeadas para esta finalidade ou, mais comumente, de resíduos da lavoura que são cultivadas anteriormente.

A cobertura vegetal melhora as características químicas, físicas e biológicas do solo. Portanto, a cobertura do solo contribui para elevar a umidade, aumentando a microbiologia do solo, deixando-o mais rico em microrganismos e, favorecendo a fertilidade deste solo com matéria orgânica, deixa o solo com mais possibilidades de crescimento das raízes das culturas que ali serão implantadas, além desta vegetação ainda auxiliar na quebra de ciclo de plantas daninhas (CARDOSO E ANDREOTE, 2016).

Neste sentido, é importante avaliar as características físicas do solo quando manejados com diferentes coberturas vegetais, a fim de identificar potencialidades que auxiliem no manejo dos solos cultivados com grãos.

1.1 PROBLEMA

Os solos cultivados com milho para silagem apresentam uma qualidade física do solo aparentemente inferior às áreas cultivadas com milho manejado com braquiaria, ou mesmo milho solteiro. Uma vez que, a maior cobertura do solo tende a deixar este solo com mais matéria orgânica e assim, com o tempo, a qualidade física deste solo tende a melhorar.

1.2 HIPÓTESE

Se espera que a qualidade física do solo da área cultivada esteja inferior à da mata nativa, porém, que a área de milho com braquiária apresente uma melhor qualidade quando comparado entre as áreas de cultivo, pois, terá mais raízes e cobertura vegetal ao solo, quando comparado aos outros tratamentos do experimento na lavoura.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

- Avaliar as características físicas do solo cultivado com milho semeado em plantio direto e com diferentes manejos do solo, comparado a área de mata nativa.

1.3.2 Objetivos específicos

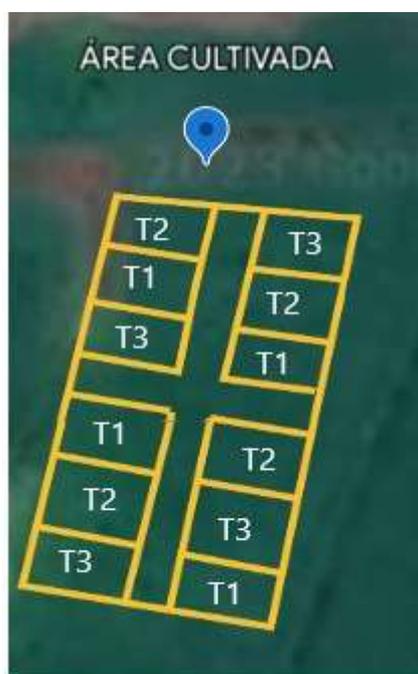
- Avaliar a qualidade física do solo, através da taxa de infiltração de água, a densidade do solo, o nível de compactação e teor de umidade do solo, em cultivo de milho com diferentes manejos;
- Avaliar a estrutura do solo através do DRES (Diagnóstico Rápido de Estrutura do Solo) em solo cultivado com milho em diferentes manejos;
- Determinar o peso de matéria seca da cobertura a fim de verificar a melhor cobertura residual;
- Comparar os resultados obtidos na área manejada com milho e uma área de mata nativa próxima.

2 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido no município de Lunardelli, região centro norte do estado do Paraná, nas coordenadas geográficas 24°01'16''S - 51°41'55''O. O clima da região é classificado como Cfa subtropical com verão quente, segundo Koppen, sendo o solo da propriedade classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, de acordo com SBCS (2020). A textura é muito argilosa (65% de argila, 19% de areia e 16% de silte) de acordo com análise granulométrica previamente realizada.

O delineamento foi em blocos ao acaso como ilustrado na Figura 1, com 3 tratamentos e 4 repetições (blocos), totalizando 12 parcelas de 5x6,5 metros cada. Os tratamentos adotados foram: T1 - Milho verão para grãos; T2 - Milho verão para silagem; T3 - Milho verão para grãos consorciado com *Braquiária ruziziensis*. Foi adicionado ainda um quarto tratamento fora da área cultivada, sendo na mata nativa não manejada, situada próximo do experimento implantado, onde foram realizadas 4 repetições em cada análise realizada.

Figura 1 - Delineamento em bloco ao acaso



Fonte: Autora (2023)

Cabe destacar que a área de floresta se encontra em estado secundário de regeneração, o que não viabiliza que este tratamento seja alocado dentro do delineamento do experimento. Sendo assim, ela foi adotada como um local de comparação com a área manejada com milho. A Figura 2 demonstra o mapa do local, destacando a área florestal e a área do experimento.

Figura 2 - Imagem de satélite do local do experimento e mata nativa.



Fonte: Autora (2023)

A semeadura do milho foi realizada no 29 de outubro de 2022, conforme demonstrado na Figura 3(a), com semeadora própria para plantio direto na palha, utilizando a densidade de 3,6 sementes por metro linear, com espaçamento de 45 cm entre linhas. Nesta data, foram delimitadas as parcelas de cada tratamento medindo 32,5m². Nas parcelas com braquiária, esta foi semeada a lanço nas entrelinhas do milho no dia oito de novembro de 2022, levando em consideração a densidade de 12 kg/ha. Todos os tratamentos culturais de manejo fitossanitário foram realizados de acordo com o restante da área cultivada em torno do experimento.

No dia 11 de fevereiro de 2023 foi realizado o corte do milho silagem e deixado o solo em pousio até o dia da colheita das parcelas de milho para grãos. A colheita do milho para grãos, foi realizada em 11 de abril de 2023, e, as avaliações foram realizadas posteriormente. A Figura 3(b) mostra a área cultivada, após a colheita do milho. Todas as coletas de uma mesma variável foram concentradas na mesma data, no entanto, foram necessários três dias de coletas para o total das variáveis analisadas.

Figura 3 - A - Plantio do milho e separação das parcelas para seus respectivos tratamentos; B – Colheita do milho e início das avaliações



Fonte: Autora, 2023

2.1 MATÉRIA SECA DA COBERTURA RESIDUAL

Para a avaliação de matéria seca da cobertura residual foi utilizada a técnica mais conhecida para amostragem de cobertura residual, com o uso de uma moldura de forma quadrada medindo 0,50 x 0,50 m, conhecido como “método do quadrado”. Para o corte da cobertura encontrada dentro da área do quadrado, usou-se tesoura (SALMAN *et al.*, 2006). Foram coletadas duas amostras por parcela, selecionadas ao acaso, e após, feito o corte de todo o material de cobertura encontrado dentro da área do quadrado, conforme a Figura 4.

As amostras então foram colocadas em sacos de papel e pesadas, utilizando uma balança digital portátil. Após, as amostras foram levadas a estufa para secagem a temperatura de 65°C durante 48 horas, até peso constante (MELO *et al.*, 2013). A massa seca foi então determinada usando a seguinte fórmula:

$$\frac{\left(\frac{Ms}{1000}\right) * 10000}{0,25}$$

Figura 4 - A – moldura de coleta de cobertura vegetal; B - Toda cobertura coletada; C - Coberturas para secagem



Fonte: Autora (2023)

2.2 TAXA DE INFILTRAÇÃO ESTAVEL (TIE)

Para medição da taxa de infiltração, foi utilizado o equipamento chamado infiltrômetro de aspersão de Cornell aperfeiçoado, conforme Figura 5, com uma análise por parcela foram utilizadas: uma mangueira siliconada de 50 cm; uma proveta com capacidade de 1.000 mL e dois recipientes coletores, que foram dispostos dentro da trincheira no solo alternadamente em relação aos tempos de coleta, além de cronômetro e ficha de anotações de campo.

As amostras foram coletadas de acordo com a metodologia da Embrapa (2019). Foi escolhida a área que seria o melhor local para coleta dentro das parcelas, e com o auxílio de um trator e um macaco hidráulico foi alocado no local da coleta o anel metálico, deixando o bocal de saída da água para o lado de baixo de onde foi inserido o anel, em seguida cavado uma pequena trincheira para o lado do bocal e inserido a mangueira de silicone e disposto um recipiente na qual coletara a água do escoamento superficial do solo, conforme Figura 4. Analisando a régua a cada três minutos, e medindo quanto de água escoava, como informado pela Embrapa (2019). Dados analisados a partir de tabela disponibilizada pelo IDR Paraná- regional de Ivaiporã.

Figura 5 - Coleta de dados da taxa de infiltração, com o uso do Infiltrômetro de Cornell.



Fonte: Autora (2023)

2.3 RESISTÊNCIA MECÂNICA À PENETRAÇÃO DO SOLO (RMP)

A resistência mecânica à penetração do solo é avaliada por meio do equipamento chamado penetrômetro, que pode ser digital ou então de impacto. Neste trabalho foi utilizado o de impacto modelo Stolf, marca Kamaq, onde as profundidades da camada compactada são lidas na haste do penetrômetro e as leituras podem ser feitas em até 60 cm de profundidade, então, foram realizadas duas amostras por parcela até a profundidade de 40cm.

Durante a coleta da resistência mecânica a penetração (RMP), foram observadas variações na profundidade de penetração da haste no solo, já que mesmo um solo que não está compactado oferece alguma resistência, e também, induz a um maior número de batidas em caso de compactação da camada. A Figura 6, demonstra

a coleta com penetrômetro de impacto. Após coletados, os dados foram inseridos em uma planilha fornecida pelo fabricante, para geração dos resultados.

Figura 6 - Coleta de Resistência Mecânica a Penetração, com o uso de Penetrômetro de Impacto.



Fonte: Autora (2023)

Na avaliação da resistência à penetração do solo, os resultados variam conforme a umidade do momento da coleta. Portanto, deve-se medir a umidade para demonstrar este valor e relacioná-lo aos resultados de resistência mecânica à penetração (RMP). A umidade de um solo é definida como a razão entre a massa de água, em um certo volume de solo e o peso da parte sólida nesse mesmo volume (CAPUTO, 1988). Neste método, basta determinar a massa da amostra no seu estado natural e depois a massa após completa secagem em estufa a 105°C. Essa metodologia apresenta vantagem em relação às demais, porque apresenta resultados confiáveis.

Utilizando a metodologia da EMBRAPA (2017), retirando a amostra de solo com auxílio de um trado holandês, colocou o solo dentro de um recipiente, distribuindo em camada uniforme e pesando a amostra. Após, o solo foi colocado em recipientes de metal e secados na estufa a 105°-110°C por 24 horas, no Laboratório de Agroecologia do IFPR campus Ivaiporã. Após a secagem, pesou-se a matéria de solo seco.

O teor de umidade do solo foi calculado pela seguinte fórmula:

Umidade em base gravimétrica (CGA) (EMBRAPA, 2017):

$$CGA = \left(\frac{a - b}{b} \right)$$

CGA – conteúdo gravimétrico de água (umidade em base gravimétrica), em kg^{-1} .

a) Massa da amostra úmida, em g.

b) Massa da amostra seca a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ em peso constante, em g.

2.4 DENSIDADE DO SOLO

Segundo Mantovani (1986), o melhor método para determinar a compactação do solo é o da densidade global do solo, e usando a metodologia da Embrapa (2017) a qual é o peso de solo seco a $105 - 110^{\circ}\text{C}$, por unidade de volume total do solo, expressa em g/cm^{-3} . No experimento, realizou-se a coleta das amostras com anéis metálicos com volume de 100 cm^3 e altura de 5 cm , foi retirado $2,5\text{ cm}$ de solo da superfície para a inserção do anel, pegando a camada então de 0 a 10 , como disposto na figura 7.

Quando inseridos os anéis ao solo, tomou-se os cuidados para não compactar o solo dentro do cilindro, para a retirada dos anéis do solo, escavou-se com o auxílio de uma pá de jardinagem para a maior facilidade de retirada do anel. As amostras do cilindro foram secas em estufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 hrs até peso constante, no Laboratório de Agroecologia do IFPR - Campus Ivaiporã, para então serem pesadas. Após a pesagem, foi determinada a densidade do solo através da seguinte fórmula da Embrapa, 2017:

$$D_s = \left(\frac{M_a}{V} \right)$$

Em que:

D_s – Densidade do solo, em g dm^{-3} (equivalente a g cm^{-3}).

M_a – Massa da amostra de solo seco a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ até peso constante, em g.

V – Volume do cilindro, em cm^{-3}

Figura 7 - Coleta de amostra para determinação da densidade do solo.



Fonte: Autora (2023)

2.5 DIAGNÓSTICO RÁPIDO DE ESTRUTURA DE SOLO (DRES)

O Diagnóstico Rápido de Estrutura do Solo – DRES é um método de campo utilizado pela Embrapa (2017) para avaliar as características do solo nos primeiros 25 cm, por meio da detecção visual de vários aspectos dos agregados e torrões, tais como tamanho, forma, resistência à ruptura, orientação e rugosidade das faces de ruptura, distribuição e aspecto do sistema radicular e evidência de atividade biológica (EMBRAPA, 2017).

Segundo EMBRAPA (2017), Para cada camada, são atribuídas notas de qualidade estrutural, variando de "1" (estrutura totalmente degradada) a "6" (melhores condições de estruturação), seguindo os critérios para avaliação de presença de feições de degradação ou conservação/recuperação da estrutura na camada de solo e proporção visual dos diferentes tamanhos de agregados após a manipulação da amostra.

Na coleta da amostra de solo é importante preservar a estrutura original do solo o máximo possível. Para a coleta, foi utilizada uma pá de corte reta para abrir uma minitrincheira. Na coleta, as paredes de maior comprimento da minitrincheira, devem permanecer intactas, sem espelhamento ou deformação causada pela enxada ou pá. O bloco de solo foi então colocado em uma bandeja plástica para análise (EMBRAPA, 2017).

Foram analisadas duas amostras por parcela entre os tratamentos na área cultivada, além de mais oito amostras distribuídas na área florestal. As amostras foram avaliadas á campo, por se tratar de uma análise visual, ela foi realizada “aos pares”,

ou seja, foi considerada a média entre duas pessoas realizando a leitura da amostra. A Figura 8, demonstra a coleta para análise, após, foi utilizado a fórmula da Embrapa, 2017 para a determinação da qualidade estrutural do solo na amostra avaliada (IQEA):

$$IQEA = \frac{(E_{c1} \times Qe_{c1}) + (E_{c2} \times Qe_{c2}) + (E_{c3} \times Qe_{c3})}{E_{total}}$$

IQEA = índice de qualidade estrutural do solo da amostra;

Ec = espessura de cada camada, em cm (o número de camadas pode variar de 1 a 3);

Qec = nota de qualidade estrutural atribuída à cada camada;

Etotal = espessura/profundidade total da amostra.

Figura 8 – A – minitrincheira, B – amostra retirada e disposta em uma bandeja, C – formato de torrões, ilustração do método de retirada de amostra e avaliação da qualidade de estrutura do solo



Fonte: Autora (2023)

2.6 TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA

A fim de verificar os teores de matéria orgânica médios nos tratamentos, foi efetuada a coleta, sendo realizada com uma pá, coletando duas amostras de 0-20 cm de cada parcela, que foram posteriormente misturadas para retirada de uma amostra por tratamento, que foi enviada ao laboratório de análises químicas de solo, em Ivaiporã-PR. Não foram realizadas demais análises químicas do solo, devido a menor interferência destas nos posteriores resultados de qualidade física do solo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A CULTURA DO MILHO

Em 40 anos o Brasil foi de importador para exportador mundial, foram obtidos crescimentos significativos na agropecuária em termos de produção e produtividade. De 1975 a 2017, a produção de grãos cresceu mais de seis vezes, saindo de 38 milhões de toneladas para 236 milhões, já a área de produção aumentou apenas duas vezes. O salto do Brasil na agricultura é oriundo de uma combinação de inúmeros fatores, sendo eles a abundância de recursos naturais, áreas extensas agricultáveis, disponibilidade hídrica, calor, luz, entre outros fatores (EMBRAPA, 2018).

O milho 1ª safra no Brasil em 2022/2023 produziu a média de 6.400 kg/ha⁻¹ e cerca de 28.981,6 mil toneladas. No estado do Paraná, é previsto uma produtividade de 8.517 Kg/ha⁻¹ e produção de 3.695,9 mil toneladas (CONAB, 2023).

Entre a safra de 2000/2001 para a de 2017/2018 a produção mundial foi de 591 milhões de toneladas para 1,076 bilhões de toneladas, devido principalmente a utilização do grão na ração animal para produção de frangos e suínos, cujo mercado cresceu enormemente. A produção é concentrada nos Estados Unidos, China, Brasil e União Europeia. O milho como maior cultura agrícola mundial, e, comercializado como *commodity*, representa 14% do comércio internacional, percentual baixo quando comparado à soja, que obteve 45,2% (COTINI *et. al.*, 2019).

Segundo Cotini *et al.* (2019), no Brasil o milho apresenta expressiva oferta e demanda, além do crescimento interno pelos segmentos de proteína animal, o grande excedente doméstico favorece a busca por novos mercados consumidores, ou seja, a exportação. O milho é cultivado em todas as regiões brasileiras, e sua produção ocorre em diferentes épocas devido às condições climáticas.

3.2 SISTEMA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA

Em meados da década de 1970, no Norte do Paraná, o produtor Herbertz Bartz realizou um experimento com soja e trigo com plantio direto sobre a palha, dando início ao sistema de plantio direto na palha. Essa técnica cresceu rapidamente por apresentar muitas vantagens, requerendo manter o solo sempre coberto por resíduos vegetais, seus benefícios atingem o solo e o rendimento das culturas, sendo capaz de reduzir erosão e a contaminação do meio ambiente, ampliando a estabilidade de produção consequentemente garantindo maior renda ao agricultor (MANFRE, 2019).

Segundo a EMBRAPA (2018) visando à produção agrícola, os principais sistemas de preparo de solo nas lavouras, são o plantio direto e o convencional, além do cultivo mínimo. Especialmente o primeiro refere-se a uma prática com vistas à conservação do solo e da água. Em suma, consiste no cultivo sem revolvimento de solo, retirando qualquer operação agrícola de gradagem, escarificação e aração, com preparo apenas na linha ou cova da semeadura ou plantio. É um sistema de manejo em que os restos vegetais da cultura anterior são mantidos na superfície do solo, formando uma cobertura minimizando impactos da chuva sobre o solo descoberto reduzindo os riscos de erosão, e protegendo o as plantas cultivadas em sua fase inicial, quando ainda tem tamanho insuficiente para proteção de sua base.

Dos 32 milhões de hectares que adotam o sistema de plantio direto no Brasil, apenas 2,7 milhões de hectares seguem corretamente os conceitos da prática conservacionista de cultivo agrícola. Conseqüentemente, problemas como erosão hídrica, quebra de estabilidade da produtividade, compactação do solo, e aumento de custo de produção, são relativamente comuns (EMBRAPA, 2018).

O cultivo convencional é um sistema em que o solo é periodicamente revolvido com aração e gradagem, podendo haver grandes perdas de nutrientes e matéria orgânica, com exposição do solo ao processo de erosão, causando maiores riscos e custos econômicos e ambientais. Por fim, o cultivo mínimo reduz os impactos ambientais, minimizando o número de operações agrícolas com relação ao preparo de solo antes da semeadura, ou seja, é um intermediário entre sistema de plantio direto e preparo convencional do solo (NEPAR – SBCS, 2019).

Segundo Gassen (2010), a prática de manejo denominada plantio direto surgiu com a necessidade de reduzir a erosão do solo, melhorando sua eficiência na produção, além de baixar os custos de produção e recuperar a qualidade de água e solo. O plantio direto, em suma, é uma prática de semeadura, essencial para a sustentabilidade de uma produção agrícola. A palha e cobertura permanente do solo é comumente comparada com a proteção da pele em animais. A palha protege o solo da desidratação, impacto das gotas de chuva, do excesso da radiação solar e, conseqüentemente, favorece a atividade biológica.

A biomassa vegetal seca, ou “palhada” contém em torno de 9% de minerais, como sais e metais essenciais para as plantas, assim, é fundamental distribuir corretamente este material na área cultivada após a colheita. O milho contém um índice de colheita de aproximadamente 90% de palha, já a soja contém uma baixa produção de palha, por isso é de extrema importância a rotação entre o milho e a soja,

além de ser fundamental a necessidade de adubação verde no sistema de produção soja-milho (GASSEN, 2010).

3.3 COBERTURA VEGETAL NO SOLO

Há uma grande variedade de espécies de plantas que podem ser utilizadas para a cobertura verde, tanto das espécies gramíneas quanto leguminosas. Recentemente a cobertura verde vem sendo preconizada com a mistura de diferentes espécies de plantas, gerando uma maior produção de biomassa vegetal e uma maior diversidade de fauna, estimulando o controle biológico natural de pragas e doenças. Na região do bioma cerrado, por exemplo, culturas como milheto, braquiária, sorgo e pastagens são utilizados como cobertura de solo (GITTI, 2012).

As espécies usadas como pastagens são alternativas viáveis para a cobertura verde, pois contribuem para a estabilidade de renda e atendem as demandas dos processos químicos, físicos e biológicos da fertilidade de solo. A cobertura do solo é essencial para sua estabilidade de produção. Além de proteger o solo do impacto direto das gotas de chuva, reduz e impede a erosão, é o fator determinante na formação de agregados no solo, aumentando os teores de matéria orgânica e ciclando nutrientes que são necessários para a produção de grãos. A diversificação de plantas está ligada à produção de exsudatos das raízes que estimulam a diversidade da fauna, forma viável de controle de nematoides e patógenos de plantas (GASSEN, 2010).

Segundo FERREIRA (2012), a cobertura de solo exerce melhoria na textura e estrutura do solo, minimizando a compactação, aumentando a adição de carbono e nitrogênio ao solo, e também a diversidade faunística, contribuindo expressivamente para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, promovendo assim a sua conservação.

Dentre as diversas espécies do gênero, a *Brachiaria ruzizensis* é uma forrageira amplamente cultivada em países tropicais. É uma espécie do vale Ruzi, no Zaire (Congo), e ficou conhecida como ruzizensis, capim-congo ou capim-ruzi. Trata-se de uma planta perene, de 1 m de altura, com rizomas curtos, robustos e globosos (FONSECA & MARTUSCELLO, 2011).

Segundo PACHECO & SILVA, o cultivo do milho consorciado com *Brachiaria decumbes* e *Brachiaria ruzizensis* contribui significativamente para a formação da cobertura do solo, como para o sistema de plantio direto. Em estudos com a *Brachiaria ruzizensis* em solo compactado em vaso, foi observado o aumento no crescimento

radicular da forrageira, na camada intermediária do vaso, tendo maior colonização das raízes nas camadas adensadas, demonstrando potencial para descompactar e estruturar solos compactados (CALONEGO *et. al.* 2011).

Para BETTA (2008), a *Brachiaria ruziziensis*, como ciclagem de nutrientes, antes da soja, é uma alternativa para redução dos custos de produção de soja sob plantio direto.

3.4 QUALIDADE FÍSICA DO SOLO

Dentre os principais fatores que estão ligados ao desenvolvimento das plantas destacam-se a água, o oxigênio, a temperatura e a resistência mecânica do solo à penetração das raízes (REINERT *et. al.* 2006). Segundo estes autores, esses fatores correspondem diretamente às propriedades físicas do solo, como textura, estrutura, porosidade, entre outras, afetando indiretamente as plantas. Visto isso, fica explícito a importância do conhecimento e manejo adequado ao ambiente físico do solo, as quais envolvem suas principais condições que afetam diretamente a produtividade dos cultivos.

As análises de qualidade física do solo, é possível realizar através de métodos laboratoriais, sendo bastante precisos e exatos, porém demandam muito tempo e custo alto. E também avaliações visuais do solo (AVS) que são atributos morfológicos visíveis ou passíveis de serem distinguidos sem a necessidade laboratorial. Shepherd (2000) citado por Niero (2010), definiu propriedades visuais indicadoras de qualidade de solo e métodos de avaliação.

3.4.1 Infiltração de água no solo

Segundo Almeida *et al.* (2020) a velocidade de infiltração básica de água no solo (VIB) ou taxa de infiltração (TIB) é a velocidade com que a água se infiltra no solo por meio da superfície, expressa por unidade indicativa da altura da lâmina d'água ou volume de água infiltrada em determinado solo, por unidade de tempo.

CUNHA *et. al* (2009) utilizando o modelo empírico de Kostikov determinou que a velocidade de infiltração de água em solo Latossolo Amarelo submetido ao sistema de manejo plantio direto pode ser utilizado para medir a qualidade deste solo, e que, a infiltração de água no solo deve ser obtida por meio de técnicas capazes de apresentar as condições naturais em que o solo se encontra.

Em plantio direto a inserção de forrageira em um sistema influencia na velocidade de infiltração de água no solo. Sendo assim fica evidenciado que o consórcio de milho com forrageiras segura a velocidade de infiltração básica, causando menos danos erosivos ao solo (SATO, 2012).

3.4.2 Resistência mecânica a penetração

A resistência mecânica à penetração influencia, negativamente, o crescimento radicular da plantas causando a queda de produtividade. A compactação do solo pode reduzir a penetração das raízes (Bengough et al. 2001) .

Martinkoski *et al.* (2017) verificaram que a microporosidade do solo foi maior em área florestal quando comparada com um sistema silvipastoril, de forma que este último mostrasse uma menor capacidade em armazenar água e uma maior macroporosidade. Sendo possível afirmar que a regeneração da vegetação florestal em estágio secundário pode modificar a capacidade de armazenamento de água.

Em relação à resistência mecânica à penetração do solo, a penetrometria é uma metodologia para avaliar comparativamente a variabilidade estrutural do perfil do solo, que apesar de não ser conclusiva quando relacionada a intensidade e ocorrência de compactação do solo, permite avaliar diferentes sistemas em um mesmo tipo de solo (RALISCH *et. al.* 2007).

A similaridade das relações entre resistência à penetração obtida em campo e em laboratório e a pressão preconsolidação revelam que a capacidade de suporte de carga pode ser estimada a partir da resistência à penetração medida no campo (LIMA *et. al.* 2006).

3.4.3 Densidade do solo

Segundo a Pereira *et al.* (2013), densidade do solo é uma das propriedades físicas do solo que pode indicar o seu estado de degradação. O solo compactado não permite a penetração de água e nutrientes, tornando-os menos disponíveis para as plantas. Além disso, a compactação do solo também dificulta a penetração das raízes das plantas, impedindo o seu crescimento e desenvolvimento. O grau de deterioração pode ser avaliado através de índices como o de densidade (Ds), macroporosidade (Ma) e microporosidade (Mi).

3.4.4 Diagnóstico Rápido de estrutura do solo

O manual *Visual Soil Assessment* contém o índice visual de qualidade de solo com atribuições de 0 ruim, 1 moderada e 2 boa, sendo a qualidade do solo apresentados no cartão de pontuação e o solo recebe um valor para cada atributo, depois soma-se esses valores e o resultado fornece o índice visual da amostra que está sendo avaliada (NIERO, 2010).

Desenvolvido com base em procedimentos adotados em outras técnicas, como o VESS descrito por Ball et al. (2008) e o Método do Perfil Cultural descrito por Tavares filho et al. (1999), o DRES surgiu com intuito de ser de fácil aplicabilidade, possibilitar o monitoramento espacial e temporal e a comparação de áreas com diferentes situações de manejo, bem como verificar os efeitos deste manejo na construção ou degradação da estrutura do solo (EMBRAPA, 2017).

O DRES é um método para qualificar a estrutura da camada superficial do solo, baseado em características detectadas visualmente em amostra dos primeiros 25 cm. As estimativas nas exposições constam da observação de tamanho e forma dos agregados e torrões, presença ou não de feições de compactação ou outra forma de degradação do solo, forma e orientação das fissuras, rugosidade das faces de ruptura, resistência à ruptura, distribuição e aspecto do sistema radicular, e comprovativo de atividade biológica. A partir desses critérios, atribui-se uma pontuação de 1 a 6, onde “6” é indicativo de melhor condição estrutural, e “1” representa o solo totalmente degradado (EMBRAPA, 2017).

3.4.5 Matéria orgânica

Outro parâmetro importante para a determinação da qualidade física do solo, é a taxa de matéria orgânica, onde exerce múltiplas funções no ecossistema, relacionadas a processos essenciais como a ciclagem e armazenamento de nutrientes, agregação do solo e movimento da água, além de ser a principal fonte de energia para as atividades biológicas (ROSCOE *et al.*, 2006). A utilização do Sistema Plantio Direto em combinação com sistemas de cultivo que produz altos teores de resíduos, permite acelerar o aumento dos níveis de matéria orgânica e reduzir a liberação de dióxido de carbono do solo para a atmosfera (BAYER *et al.*, 2000) citado por (BESEN *et al.*, 2018).

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após coletados todos os resultados a campo e laboratório, estes foram tabulados em planilha eletrônica. As análises estatísticas realizadas foram a análise de variância e a comparação de medias pelo método de Skott Knott, através do programa estatístico SISVAR.

4.1 ANÁLISE DE MATERIA SECA DA COBERTURA VEGETAL RESIDUAL

Para a análise da massa seca da cobertura vegetal residual, verificou-se que houve diferença significativa entre o milho com braquiária em comparação com os demais tratamentos cultivados e com a mata nativa, conforme demonstrado na Tabela 1. O milho com braquiária demonstrou maior capacidade de deixar cobertura residual para as culturas seguintes.

TABELA 1- Valores Médios de Massa seca da cobertura vegetal residual, em área de diferentes manejos de milho e de mata nativa

Tratamentos	MS COBERTURA VEGETAL RESIDUAL	
	-----kg/ha ⁻¹ -----	
Milho Grão	10800,00	b
Milho Silagem	2840,00	c
Milho c/ Braquiária	15670,00	a
Mata Nativa	10465,00	b
CV%	29,73	

Fonte: Autora, 2023.

As medias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

Assim como observado por Alves *et. al* (2013), quando milho safrinha é cultivado com braquiária, se obtém uma maior MS para a cultura subsequente. Analisando o trabalho de Timossi *et al.* (2007), a braquiária garantiu maior acúmulo de massa vegetal, chegando próximo ao encontrado no presente trabalho, deixando uma persistência de biomassa por mais de seis meses na superfície do solo.

Observando o trabalho de Bernardes (2003), observou-se valores de acúmulo de MS maior no milho braquiária quando comparado ao milho solteiro. O tratamento com milho grão e a mata nativa não demonstraram diferenças entre si, o que pode ser explicado devido a decomposição a longo tempo dos resíduos vegetais na mata nativa.

Os resultados demonstram que solo cultivado com o milho silagem tende a apresentar condições para ficar exposto para infestação de plantas daninhas, o que é prejudicial para as culturas seguintes, além de outros efeitos negativos do solo, ocasionados pela redução da cobertura.

4.2 ANÁLISE DE TAXA DE INFILTRAÇÃO ESTÁVEL (TIE)

Para os resultados de velocidade de infiltração de água no solo, os dados foram obtidos três dias após uma chuva de 50 mm. Verificou-se que os solos de mata nativa tiveram uma maior infiltração de água quando comparados a da área cultivada. A Tabela 2 apresenta os resultados avaliados neste parâmetro.

Tabela 2 – Valores Médios de taxa de infiltração estável (TIE) de água no solo, com Infiltrômetro de Cornell aperfeiçoado em área de diferentes manejos de milho e de mata nativa.

Tratamentos	TAXA DE INFILTRAÇÃO ESTÁVEL
	-----mm h ⁻¹ -----
Milho Grão	42,11 b
Milho Silagem	44,53 b
Milho c/ Braquiária	31,42 b
Mata Nativa	138,17 a
CV%	52,40

Fonte: Autora, 2023.

As medias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

Pinheiro *et. al.* (2009) verificou que em área com plantio direto, o solo apresentou capacidade de infiltração superior à área de pastagem, mas uma capacidade de infiltração significativamente menor que uma área de mata nativa, chegando à conclusão de que os maiores valores de capacidade de infiltração nos pontos amostrais foram em mata nativa e os menores onde ocorre em plantio direto, plantio convencional e pastagem.

Segundo Zwirtes *et al.* (2013), o sistema de plantio direto e pastagem perene cultivada com tifton (*Cynodon* sp.) afetam as características físicas-hídricas do solo, a área de mata nativa teve maior infiltração de água, não demonstrando escoamento superficial comparando com os outros tratamentos, que variaram entre 1,33 minutos - 3,5 minutos causando a rápida saturação do solo e a baixa taxa de infiltração.

4.2 ANÁLISE DE RESISTÊNCIA MECÂNICA A PENETRAÇÃO

Os resultados encontrados na variável de Resistência Mecânica a Penetração (RMP), foram analisados em diferentes profundidades, a cada 10 cm, conforme demonstrado na Tabela 3. A umidade encontrada na ocasião da avaliação da RMP, foi de aproximadamente 25%, variando apenas 1% entre os tratamentos. Após análise da umidade, verificou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos e a mata nativa. Portanto, verifica-se que a variável umidade do solo não deve ter interferido nos resultados de RMP.

TABELA 3 - Valores médios Resistencia Mecânica a Penetração (RMP) em diferentes profundidades na cultura do milho em diferentes manejos e em mata nativa.

Tratamentos	0-10cm	10-20cm	20-30cm	30-40cm
	----MPa----	----MPa----	----MPa----	----MPa----
Milho Grão	1,97 a	3,06 b	3,03 a	3,69 a
Milho Silagem	2,25 a	3,51 a	3,48 a	4,40 a
Milho c/ Braquiária	1,83 a	3,18 b	3,56 a	3,90 a
Mata Nativa	1,20 b	2,28 c	2,06 b	2,43 b
CV%	19,19	7,70	13,69	23,49

Fonte: Autora, 2023.

Medias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade entre os tratamentos.

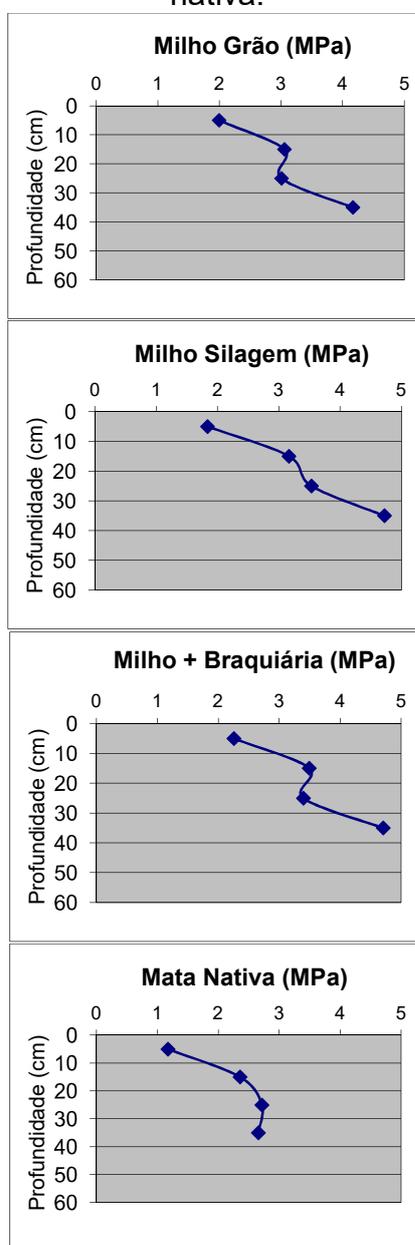
Os resultados de RMP demonstram que há diferença significativa entre a área cultivada com milho e a mata nativa, isso provavelmente se dá por esta última possuir mais tubos de raízes e nunca ter sido cultivada. Quanto a área cultivada, Beutler *et.al.* (2000), encontraram uma RMP maior no sistema de plantio direto, independente da profundidade, observando este aspecto pelo tráfego de maquinas e escarificador dos sulcadores da semeadora.

Analisando os resultados entre os diferentes tratamentos na camada de 0 a 10 cm, verifica-se que apenas a mata nativa possui diferença significativa dentre dos demais tratamentos. Dentro da área de cultivo de milho, observa-se que a compactação na área de milho para silagem foi maior na profundidade de 10 a 20 cm, em comparação as outras duas áreas cultivadas com milho, que por sua vez também demonstraram diferença significativa com a mata nativa. Para as profundidades de 20 a 30 cm e 30 a 40 cm, observou-se o mesmo comportamento encontrado na camada de 0 a 10 cm, com diferença apenas entre a área cultivada independente do manejo, e a mata nativa.

A Figura 9, apresenta os gráficos de RMP na área estudada, onde é possível verificar que a mata nativa demonstrou diferença clara em relação à área cultivada,

pois nestas, a RMP chegou próxima a 5 Mpa a qual indica uma alta compactação na área segundo Arshad et al. (1996) que indicou as seguintes classificações para a resistência mecânica a penetração : a) extremamente baixa: $RP < 0,01$ MPa; b) muito baixa: $0,01 \leq RP < 0,1$ MPa; c) baixa: $0,1 \leq RP < 1,0$ MPa; d) moderada: $1,0 \leq RP < 2,0$ MPa; e) alta: $2,0 \leq RP < 4,0$ MPa; f) muito alta: $4,0 \leq RP < 8,0$ MPa; e g) extremamente alta: $RP > 8,0$ MPa. , enquanto na mata nativa, não chegou a 3 MPa. Gráficos feitos a partir de planilha disponibilizada pelo site da Kamaq do profº Rubismar Stolf.

Figura 9 - A, B, C e D dados de RMP na área cultivada com milho e área mata nativa.



Fonte: Autora, 2023.

Tormena *et al.* (2003) compararam a RMP com a densidade do solo cultivado com plantio direto. Estes autores verificaram altos teores de Ds em sistema de plantio direto, o que levou a concluir que a maior Ds acabou implicando em uma maior RMP, e, que a resistência ocorreu até 25 cm, reduzindo-se em seguida. Enquanto no presente trabalho a RMP continuou aumentando até 40 cm de profundidade.

4.4 ANÁLISE DE DENSIDADE DO SOLO

Na avaliação de densidade do solo na camada de 0-10 cm, os resultados estão demonstrados na Tabela 4. Nela, é possível verificar que não houve diferença significativa entre as áreas cultivadas com milho, sendo verificada diferença apenas entre as áreas cultivadas e a mata nativa.

Tabela 4 – Valores médios de Densidade (Ds) na cultura do milho em diferentes manejos e em mata nativa.

Tratamentos	DENSIDADE (0 – 10cm)
	-----g/cm ³ -----
Milho Grão	1,43 a
Milho Silagem	1,40 a
Milho c/ Braquiária	1,34 a
Mata Nativa	1,08 b
CV%	10,28

Fonte: Autora, 2023.

As medias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

A densidade encontrada mostrou-se elevada para a classe textural do solo analisado. Segundo Reichert *et al.* (2003) a densidade do solo crítica é de 1,30 a 1,40 g cm³ para solos argilosos, 1,40 a 1,50 g cm³ para solos franco-argilosos e de 1,70 a 1,80 g cm³ para solos franco-arenosos. Assim, evidenciando que a área cultivada com milho se encontra com densidade elevada, necessitando-se repensar em estratégias de manejo para melhorar este resultado. Porém, em números absolutos, percebe-se uma menor densidade do solo na área de milho com braquiária em relação às outras duas áreas com milho, o que pode ser um indicativo de um efeito positivo deste manejo.

Stone e Silveira (2001) avaliando o solo na camada de 0-10cm do solo obtiveram resultado de maior densidade em sistema de plantio direto, ocasionada pelo não revolvimento e movimentação de maquinas e implementos agrícolas. Segundo trabalho de Zwirtes, *et al.* (2013) a área de mata nativa apresentou menor densidade

do solo na camada de 0-10 cm, diferindo significativamente da pastagem perene, e do sistema de plantio direto, que também foram estatisticamente iguais.

Araújo *et al.* (2004) encontraram resultados de densidade significativamente maiores em área cultivada comparada a área de mata nativa. Concluindo que a maior densidade em solos de cultivo está correlacionada com a compactação devido ao tráfego de máquinas, além da redução de matéria orgânica e da menor estabilidade da estrutura dos solos.

4.5 ANÁLISE DIAGNÓSTICO RÁPIDO DE ESTRUTURA DO SOLO

Os resultados obtidos na análise do DRES são demonstrados na Tabela 5. Estes demonstram que a área de mata nativa apresenta melhor estruturação do solo comparativamente as áreas cultivadas. Sendo que, as áreas cultivadas não diferiram estatisticamente entre si, apesar da área de milho silagem apresentar um resultado inferior em números absolutos. Cabe destacar que na área de milho com braquiária observou maior presença de raízes.

Tabela 5: Valores médios de Diagnostico Rápido de Estruturas do Solo (DRES) na cultura do milho em diferentes manejos e em mata nativa.

Tratamentos	DRES (0 – 30 CM)
Milho Grão	3,40 b
Milho Silagem	3,27 b
Milho c/ Braquiária	3,87 b
Mata Nativa	5,75 a
CV%	6,34

Fonte: Autora, 2023.

As medias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

Analisando o trabalho de Rodrigues (2021), observou-se a melhor estruturação de solo na área de mata nativa comparado a área de braquiária, porém, nesta área encontraram um bom desenvolvimento do sistema radicular de braquiária, o que favorece a formação de poros que contribuem para a estabilidade dos agregados.

Fontoura (2022) verificou que a mata nativa teve um maior resultado de estrutura do solo comparado a área de braquiária, enquanto a área com braquiária se mostrou com melhor estrutura do solo em comparação a área de SPD sem braquiária, este autor concluiu que a cobertura vegetal da área de mata nativa auxiliou na preservação da qualidade estrutural do solo.

4.6 TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA (MO)

Os resultados verificados em análise do teor de MO no experimento foram: 3,2 % para a área cultivada com milho solteiro para colheita de grãos (T1); 2,7% para a área cultivada com milho solteiro para silagem (T2); 2,9% para a área de consórcio entre milho grão e braquiária (T3); e, 3,7% na área de mata nativa. Demonstrando que o teor de matéria orgânica foi maior na mata nativa, e, que foi cerca de 1% menor na área cultivada, na qual a variação foi de somente 0,5% entre os tratamentos.

Segundo o Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná, os níveis de matéria orgânica foram tabulados como <0,7% muito baixo, 0,7 -1,4% baixo, 1,5-2,4% médio, 2,5-3,4% alto e >3,4 muito alto para áreas cultivadas.

5 CONCLUSÃO

A qualidade física do solo avaliada com os parâmetros testados, demonstrou que a área de mata nativa apresentou os melhores resultados em estrutura, densidade, resistência mecânica a penetração e velocidade de infiltração de água no solo, quando comparado a área cultivada com milho independente do manejo adotado.

A partir dos dados avaliados pelo DRES na área cultivada, fica evidente que precisa ser repensado o manejo a fim de introduzir a cobertura vegetal, visando um aumento de raízes no solo, conferindo a maior estruturação e deixando-o mais rico em matéria orgânica.

A matéria seca da cobertura vegetal da mata nativa ficou com valores próximos do no milho solteiro para grão, mas, isso se deve provavelmente a uma maior taxa de decomposição na mata nativa. A área com milho consorciado com braquiária apresentou uma maior taxa de matéria seca da cobertura vegetal, o que resulta em um solo coberto por mais tempo e com mais decomposição de resíduos no solo. Já na área de milho para silagem, esse indicador ficou muito abaixo dos demais, demonstrando que este solo tende a ficar cada vez mais pobre em matéria orgânica, implicando na redução tanto da fertilidade como da qualidade física deste.

REFERÊNCIAS

- ALMEIRA JUNIOR M.C.D., CASTRO P.A.L. e SANTOS G.O. Taxa de infiltração de água no solo em diferentes usos do solo. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**. 2020. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/JBB/article/view/8288/16935>. Acesso em jan de 2023
- ALVES, B.M, CARGNELUTTI FILHO, A., TOEBE, C.B.M., Silva, L.P., **Divergência genética de milho transgênico em relação à produtividade de grãos e da qualidade nutricional**. *Ciência Rural*, v45 n(5), pp. 884-891, 2015
- ALVES, V.B. *et al.* Milho Safrinha Consorciado Com *Urochloa ruziziensis* e Produtividade da Soja em Sucessão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, [S.L.], v. 12, n. 3, p. 280-292, 30 dez. 2013. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/980026/milho-safrinhaconsorciado-com-urochloa-ruziziensis-e-produtividade-da-soja-em-sucessao>. Acesso em 20 de abril de 2023
- ARAUJO, M. A. *et al.* Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 28, n. 2, p. 337-345, abr. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/mff5y8xXY3tQ3cJHnL6KbXH/> Acesso em abril de 2023.
- ARSHAD, M. A. *et al.* **Physical tests for monitoring soil quality**. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Eds.). *Methods for assessing soil quality*. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 123-141.
- BENGOUGH, A. G. *et al.* **Penetrometer techniques in relation to soil compaction and root growth**. In: SMITH, K. A.; MULLINS, C. E. *Soil and environmental analysis: physical methods*. 2. ed. Edinburgh: Marcel Dekker, 2001. p. 377-403.
- BETTA, Marconi *et al.* **Efeito da *Brachiaria ruziziensis* sobre a ciclagem do P, K e produtividade da soja**. 2008. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/339837/1/trab3827633.pdf>. Acesso em 9 de dez de 2022
- BERNARDES, Lister Fernandes. **Semeadura de capim braquiária em pós-emergência da cultura do milho para obtenção de cobertura morta em sistema de plantio direto**. 2003. 52 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Unesp, Jaboticabal, 2003. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/96997/bernardes_lf_me_jabo.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 20 maio 2023.
- BESEN, M. R., RIBEIRO, R. H., MONTEIRO, A. N. T. R., IWASAKI, G. S., PIVA, J. T. – **Práticas conservacionistas do solo e emissão de gases do efeito estufa no Brasil** – *Scientia Agropecuária* v.9 n3, 2018. Disponível em: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172018000300015. Acesso em 10 de maio de 2023

BEUTLER, et al., **Resistência à penetração e permeabilidade de latossolo vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados**. 2001. 25 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Agronomia, Departamento de Ciencia do Solo, Universidade Federal de Lavras, Sete Lagoas, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/wv4frQn9HMk5PhtLSCqFfps/?format=pdf>. Acesso em: 5 maio 2023.

CALONEGO, JC; GOMES, TC; SANTOS, CH dos; TIRITAN, CS Desenvolvimento de plantas de cobertura em solo compactado. **Revista Bioscience**, Uberlândia, MG, v. 27, n. 2, pág. 289–296, 2011. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7632>. Acesso em: 7 jun. 2023.

CAPUTO, H. P., **Mecânica dos solos e suas aplicações**, 6º edição 1v. 244p. Disponível em: <https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2015/05/mecanica-solosfundamentos-vol1-6ed-caputo.pdf>. Acesso em 15 de jan de 2023

CARDOSO, Dione P. *et al.* Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 6, p. 632-638, 28 mar. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/8dWRD5SN4rhnfchrYsVJskd/?lang=pt>. Acesso em 8 de dez de 2022

CARDOSO, Elke J. B. N. e ANDREOTE, Fernando D. **Microbiologia do Solo**. V.2, Piracicaba, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/109>. Acesso em 10 de jan de 2023

CONAB, **Conjunturas da agropecuária 03 - 2023**. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-eextrativista/analises-do-mercado/historico-de-conjunturas-de-milho/item/download/46646_ba24825cdc80b8f1757f3d75ae5af360. Acesso em 10 de jan de 2023

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Area_producao_produtividade_graos**. Março, 2023. Disponível em: https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/perspectivas-para-aagropecuaria/item/download/44187_b5af2b2ec864c5b22ce73d0274bab8a7. 10 de jan de 2023

COTINI E., MOTA M.M., MARRA R., BORGHI, E. MIRANDA R.A., SILVA A.F., SILVA D.D. MACHADO J.R.A., COSTA L.V., COSTA R.V. MENDES S.M. Milho – **Caracterização e Desafios Tecnológicos**. EMBRAPA, 2019 Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195075/1/Milho-caracterizacao.pdf>. Acesso 20 de mar de 2023

CUNHA et. al. **Velocidade de infiltração da água em um latossolo amarelo submetido ao sistema de manejo plantio direto**, 2009. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2371/237117625029.pdf>. Acesso em 10 de abri de 2023

EMBRAPA SOJA. **Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo – DRES** [recurso eletrônico]: RALISCH, R... [et al]. – Londrina: Embrapa Soja, 2017. 64 p. il. – (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; 390). (livro)

EMBRAPA 2018, **Visão 2030, o futuro da agricultura brasileira** – Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. Disponível em:
<https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+-+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829>.
Acesso em 20 de nov de 2022

ESPINDOLA, Jose AA et al. **Adubação verde com leguminosas**. Brasília, DF: Embrapa Infomação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005., 2005. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/117975/1/00076310.pdf>.
Acesso em 2 de nov de 2022

FERREIRA, LE; SOUZA, EP; CHAVES, AF - ADUBAÇÃO VERDE E SEU EFEITO SOBRE OS ATRIBUTOS DO SOLO. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [S. l.], v. 7, n. 1, pág. 33–38, 2012. Disponível em:
<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/681>. Acesso em: 7 de jan de 2023.

FONSECA, D.M. & MARTUSCELLO, J.A., 2011. **Plantas Forrageiras**, Viçosa, MG: d. UFV, 2010.) (livro biblioteca)

FONTOURA, Eduarda Paniz. **Influência do sistema de uso e manejo sobre a qualidade física do solo avaliada pelo dres - diagnóstico rápido da estrutura do solo**. 2022. 36 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrônômica, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, São Luiz Gonzaga, 2022. Disponível em:
https://repositorio.uergs.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/2792/_tcc__eduarda_paniz_fontoura.docx.pdf?sequence=-1&isAllowed=y. Acesso em: 25 maio 2023.

GASSEN, D. Revista Plantio Direto, **A adubação verde e o plantio direto**, março/abril 2010, p.32-38. Disponível em: <<https://www.plantiodireto.com.br/storage/files/9.pdf>>
Acesso em 20 de dez de 2022

GITTI, DOUGLAS CASTILHO et al. Épocas de semeadura de crotalária em consórcio com milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 2, p. 156-168, 2012. Disponível em: https://rbms.abms.org.br/index.php/ojs/article/view/372/pdf_28.
Acesso dez de 2022

Infiltrômetro de aspersão de Cornell aperfeiçoado: aspectos construtivos, operacionais e de manutenção / Celso Daniel Seratto... [et al.]. – Londrina : Embrapa Soja, 2019. 67 p. - (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937 ; n. 424).

LIMA, G. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SILVA, M. A.; OLIVEIRA, A. H.; AVANZI, J. C.; UMMUS, M. E. **Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN)**. *Amби-Agua*, Taubaté, v. 8, n. 2, p. 204-214, 2013.

MANFRE E.R., FARIA A.F., SANTOS A.O., MARTINS E. A., MACENA F.C. **O Sistema de plantio direto na produção de milho: a importância das plantas de cobertura em lavouras**, 2019. Disponível em:

https://www.fatecourinhos.edu.br/anais_sintagro/index.php/anais_sintagro/article/view/57. Acesso em 15 de dez de 2022

MANTOVANI, E. C., **Compactação do solo**. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57313/1/Compactacao-solo.pdf>. Acesso em 20 de jan de 2023

Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná – 2º ed. - Curitiba: Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo NEPAR-SBCS, 2019. ISBN 978-85-869146-07-0. (livro)

Manual de Manejo e Conservação do Solo e da Água para o Estado do Paraná – 1º ed. - Curitiba: Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo NEPAR-SBCS, 2019. ISBN 978-85-869146-08-71. (livro)

Manual de métodos de análise de solo / Paulo César Teixeira ... [et al.], editores técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2017. 573 p. : il. color. ISBN 978-85-7035771-7 Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1087266/1/Pt1Cap7Densoidadadosolo.pdf>. Acesso em 10 de jan de 2023

MARTINKOSKI L., VOGEL G.F., JADOSKI S.O., WATZLAWICK L.F., **Qualidade física do solo sob manejo silvipastoril e floresta secundária**, 2017.

Disponível

em:

<https://www.scielo.br/j/floram/a/ftpP6JZZmVPTq8ZC6RM5GP9z/?lang=pt>. Acesso em 20 de fev de 2023

MELO, G. W., RODIGHERO, K., FREITAS, R. F., MAGRO, R. D., ALBARELLO, J., B., OLIVEIRA, P. D. **Secagem rápida de plantas para determinação da matéria seca**.2013. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/106434/1/472.pdf>. Acesso em jan de 2023

NIERO, Luiz Augusto Cardoso; DECHEN, Sonia Carmela Falci; COELHO, Ricardo Marques; MARIA, Isabella Clerici de. Avaliações visuais como índice de qualidade do solo e sua validação por análises físicas e químicas em um latossolo vermelho distroférico com usos e manejos distintos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 34, n. 4, p. 1271-1282, ago. 2010. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/LXQrhvP8H8VrhfmdjB6kKKC/?lang=pt>. Acesso em: 10 dez. 2022.

PACHECO, Edson Patto; DA SILVA, Gilmário Dantas. **Avaliação da cobertura do solo em sistemas de produção de milho e soja em Sergipe utilizando imagens aéreas**. 2014. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/998518/1/292.pdf>. Acesso em 23 de nov de 2022

PASSOS A. M. A., ALVARENGA R. C., SANTOS F. C., Embrapa. **Sistema de Plantio Direto**. Infoteca, 2018, 44 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1101765/1/Sistemaplantio.pdf>. Acesso em 10 de dez de 2022

PEREIRA, J. S., JESUS, T.S., OLSZEWSKI, N., MENDES, A. M. S., Granja, G. **P. Porosidade e densidade de solos sob uso agrícola no município de Sobradinho BA**. Florianópolis: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2013. 4 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/90058/1/Alessandra-3.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2023.

PINHEIRO, ADILSON; POETA TEIXEIRA, LIZANDRA; KAUFMANN, VANDER. Capacidade de infiltração de água em solos sob diferentes usos e práticas de manejo agrícola *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, vol. 4, núm. 2, 2009, pp. 188-199 Universidade de Taubaté. <https://www.redalyc.org/pdf/928/92811747017.pdf>. Acesso em 1 de dez de 2022

PLANILHA DE GRÁFICOS PARA RMP. Disponível em: <https://kamaq.com.br/penetrometro-de-impacto>. Acesso 20 de abri de 2023

RALISCH R. et. al. **Resistência à penetração de um latossolo vermelho amarelo do cerrado sob diferentes sistemas de manejo**. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/nCHMYTdCdsnF6dYTrV4HCsQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 18 de abr de 2023

REINERT, Dalvan José et al. **Qualidade física dos solos**. Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, v. 16, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Jose-Miguel-Reichert/publication/337869744_Qualidade_fisica_dos_solos/links/5defefd2299bf10bc351a294/Qualidade-fisica-dos-solos.pdf. Acesso em 23 de fev de 2023

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & BRAIDA, J.A. **Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas**. *Ci. Amb.*, 27:29-48, 2003. Disponível em: http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.whoos.com.br/downloads/Producao_Artigos/5.pdf. Acesso em abri de 2023

RODRIGUES, Edneia Maria Sobrinho. **Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo (DRES) e indicadores químicos da fertilidade em diferentes sistemas de manejo**. 2021. 32 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Faema, Ariquemes, 2021. Disponível em: <http://repositorio.faema.edu.br:8000/jspui/handle/123456789/3086>. Acesso em: 25 maio 2023.

ROSCOE R., MERCANTES, F. M., SALTON, J. C. - **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 304 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/254855/1/livroDinamica....pdf>. Acesso 10 de mai de 2023

SALMAN, Ana Karina Dias *et al.* **Métodos de amostragem para avaliação quantitativa de pastagens**. 2006.- Zootecnia, Embrapa, Porto Velho, Ro, 2006.

Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/710690/1/ct84pastagem.pdf>.
Acesso em 20 de mai de 2023

SATO, Juliana H. et al. Matéria orgânica e infiltração da água em solo sob consórcio milho e forrageiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 189193, 2012.

SBCS. **Mapa de solos do estado do Paraná**. (2020) Disponível em:
http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Aparana_solos_20201105. Acesso em 5 de abri de 2023

STONE L.F. e SILVEIRA P.M. **Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo**, 2001. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/ZBcBQL7kpYYJ6RtjCgnZDVFP/?format=pdf&lang=pt>.
Acesso em 20 de mai de 2023.

TIMOSSI, Paulo César *et al.* **Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto**. Bragantia, [S.L.], v. 66, n. 4, p. 617-622, 11 jun. 2007. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/brag/a/8kW8zMRdYYjsHLhKMq7fyMv/abstract/?lang=pt>.
Acesso em: 20 maio 2023.

TORMENA, C. A., PEDRO S. VIDIGAL FILHO, ANTÔNIO C. A. GONÇALVES, MARCELO A. ARAÚJO & JOSÉ C. PINTRO. **Influência de diferentes sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico vermelho distrófico**. Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, PR. Av. Colombo 5790, Campus, CEP 87020-900, Maringá, PR. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p.65-71, 2004

ZWIRTES, ANDERSON LUIZ; BEPLER SPOHR, RENATO; BARONIO, CLÉBER ANTONIO; MENEGOL, DIEGO RICARDO; DA ROSA, GENESIO MARIO; TUZZIN DE MORAES, MOACIR. **Utilização do infiltrômetro de cornell e dos anéis concêntricos para determinação da infiltração de água em um Latossolo Vermelho Semina: Ciências Agrárias**, vol. 1, núm. 34, 2013, pp. 3489-3499 Universidade Estadual de Londrina.