



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

DIVISÃO DA AGRICULTURA

ENGENHARIA HIDRÁULICA AGRÍCOLA E ÁGUA RURAL

Monografia Científica

**Avaliação Do Efeito De Diferentes Espessuras Da Cobertura Na Retenção Da Humidade
Nos Solos De Macarretane, Distrito De Chókwè**

Monografia Científica Apresentada e Defendida como Requisito para a Obtenção do Grau de
Licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural

Autor:

Aplínio da Rosa Maurício Mário

Tutor:

Engº: Cesário Manuel Cambaza

Co-tutor:

Engº: Agostinho Hlavanguane

Lionde, Setembro de 2023



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Monografia Científica de Avaliação do Efeito de Diferentes Espessuras da Cobertura na Retenção da Humidade nos Solos de Macarretane, Distrito de Chókwè, apresentado ao Curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural na Divisão de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural.

Monografia defendida e aprovada no dia 31 de Agosto de 2023

Júri

Supervisor

Cesário Manuel Cambaza

(Eng.º Cesário Manuel Cambaza, Msc)

Avaliador 1

Paulo Saveca

(Eng.º Paulo Saveca, Msc)

Avaliador 2

Salimo Henriques

(Eng.º Salimo Henriques, Msc)

Lionde, Setembro de 2023

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
LISTA DE ABREVIATURAS.....	VII
RESUMO	XI
1. INTRODUÇÃO.....	13
OBJECTIVOS	13
Geral.....	14
Específicos.....	14
1.3. Hipóteses.....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
Parâmetros físicos do solo	16
Classe textural.....	20
Densidade do solo.....	20
Água disponível para as plantas ou humidade no solo para as plantas.....	21
James Trident T-90	21
Água no solo.....	22
Taxa de infiltração no solo	22
Definição do tipo do solo.....	23
Solos de textura franco-siltosa	24
Milho.....	24
Dimensionamento de rega para cultura do milho.....	24
Palha.....	25
3. METODOLOGIA	26
Área de estudo.....	26
Recolha das amostras.....	26
Layout do delineamento experimental.....	27
Determinação do sistema de aplicação de água no campo	28

Determinação dos parâmetros físicos do solo	28
Densidade do solo	28
Granulometria do solo	30
Porosidade do solo	33
Velocidade de Infiltração Básica (VIB)	35
Determinação do tipo do solo	37
Determinação da humidade	37
Comparação do volume de retenção da humidade nas diferentes espessuras da palha	38
Delineamento de Blocos completamente casualizados (DBCC)	38
Amostragem	38
Amostras deformadas	39
4. RESULTADOS	40
Densidade do solo.....	40
Textura do solo.....	40
Porosidade do solo.....	40
Velocidade da infiltração básica.....	40
Medição da humidade.....	41
5. DISCUSSÃO	43
Densidade do solo.....	43
Textura	43
Humidade.....	43
Infiltração.....	44
Porosidade.....	44
6. CONCLUSÃO.....	46
7. RECOMENDAÇÕES	47
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
9. ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Classificação de capacidade de infiltração de água no solo

Tabela 2: Materiais

Tabela 3: Resultados de teste de infiltração de água no solo

Tabela 4: Dados de humidade em percentagem

Tabela 5: Dados de humidade em percentagem

Tabela 6: Média dos dados da humidade

Tabela 7: Análise de Variância

Tabela 8: Intervalos da densidade e porosidade em cada textura de solo.

Tabela 9: Cálculos da programação de rega

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Agitador e peneiros

Figura 2: Triângulo textural

Figura 3: Anéis de Infiltração

Figura 4: Localização de Macarretane, distrito de Chókwe

Figura 5: layout do terreno onde se fará o experimento

Figura 5: Vista geral do campo

Figura. 6: Imagens que ilustram mais ou menos os procedimentos na determinação da densidade do solo.

Figura. 7: Certos equipamentos utilizados na determinação da granulometria do solo.

Figura. 8: Representa imagens de como foi executado a porosidade.

Figura. 9: Representa anéis de infiltração.

Figura. 10: Representa o sensor que foi usado para determinar a humidade.

Figura. 11: Gráfico de intervalos de humidade.

Figura 12: Representa da esquerda para direita água sendo destilada, a pesagem de solo para análise granulométrica, erlenmeyers contendo amostra do solo antes da agitação.

Figura 13: Da esquerda para direita estão representadas uma proveta contendo amostra após a agitação e o peneiro 0.053mm sobre um funil a separar-se areia do silte e argila.

Figura 14: Representa um sensor de humidade utilizado nas leituras da humidade no campo e o respectivo campo onde foi executado o experimento.

Figura 15: Da esquerda para direita representa como foram extraídas as amostras para a determinação da densidade do solo e a porosidade total.

Figura 16: Representa amostras a serem saturadas para a determinação da porosidade e a balança utilizada para mensurar as amostras.

Figura 17: Representa de esquerda para direita a extracção das amostras para determinação da granulometria.

LISTA DE ABREVIATURAS

atm - atmosfera

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

CC – capacidade de campo.

PMP – ponto de murcha permanente

VIB – velocidade de infiltração básica

GW – cascalho bem graduado;

GP – cascalho mal graduado;

GM – cascalho siltoso;

GC – cascalho argiloso;

SW – areia bem graduada;

SP – areia mal graduada;

SM – areia siltosa;

SC – areia argilosa;

ML – silte;

OL – silte orgânico ou argila orgânica;

LCS – laboratório de ciências de solo

SIA - Sociedade Internacional de Arboricultura.

ANA – Agência Nacional de Água

CTC – Capacidade de Troca Catiônica

PEDSA – Plano Estratégico para o Desenvolvimento do Sector Agrário



DECLARAÇÃO

Declaro por minha honra que esta Monografia de Trabalho de Culminação do Curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações dos meus tutores, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

Lionde,27.....de10.....de...2023.....

Aplínio da Rosa M. Mário

(Aplínio da Rosa Mauricio Mário)

DEDICATÓRIA

Com estas palavras dedico o meu trabalho a minha família, especialmente aos meus pais que depositaram o seu voto de confiança e por acreditarem em mim, sendo pilares da minha vida no decorrer do curso durante esses 5 anos. Aos meus colegas e amigos pelo companheirismo que foi criado ao longo desses anos, recordei dos bons momentos que tivemos juntos na academia ISPG.

AGRADECIMENTOS

Primeiro agradecer a Deus por me conceder a dádiva da vida e por estar sempre me iluminando em todos momentos que tenho passado nesta vida.

Aos meus pais Maurício Mário e Rosália Rafael, aos meus irmãos Isabel Luís Mário e Mário Luís, pelos quais tenho respeito, amor e que me deram toda a educação básica e fundamental para conseguir lutar pela vida, aceitando, acreditando e dando-me a oportunidade de mostrar o meu potencial.

Aos meus irmãos Aulédio e Loidis pela paciência que por vezes passavam necessidades para que assegurassem a minha formação, e também para irmãos e irmãs (Beltamisa Maurício, Isabel Luís (mãezinha), Esmeralda Luís, Ricardo Luís e Sónia Luís) pela paciência e apoio incondicional durante esses longos anos de formação académica.

Aos meus tutores, Cesário Cambaza e Agostinho Hlavanguane, pela orientação, paciência, confiança e apoio técnico para o desenvolvimento desse experimento.

A todos docentes do curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural pela transmissão do CHA (conhecimento, habilidade e atitude), em especial aos docentes Cesário Cambaza, Paulo Saveca, e Lateiro de Sousa, representantes da especialização em irrigação e drenagem pela forma motivacional de transmissão de conhecimento, que culminou com minha vontade e paixão pela especialidade de irrigação e drenagem.

Aos colegas e amigos de turma Orlando Norte, Agnércio Sambo, Nicolau Jó, Juvenildo Tune, Atanásio, Ronaldo, entre outros, sou muito grato por tudo.

A dona Rosália Rafael Jamisse pelo acolhimento, carinho, generosidade, etc.

Aos meus amigos, Lafissa Langa, Uran Coutinho, Edgar Julião, Faustino Cambula, Edvársio Narciso, Pedro, João Nhanala, Naira da Gleds Maculuve e por fim o meu velho Manuel Ricardo Nhanombe pelo apoio durante a formação.

E a todos pelo apoio directo ou indirecto, muito obrigado. *”Nyibomguidi”*

Salmos 119:11

“Escondi a tua palavra no meu coração, para eu não pecar contra ti”.

RESUMO

A água é um factor indispensável na produção vegetativa, pois, ela participa em todos os fenómenos físicos, químicos e biológicos essenciais para o seu desenvolvimento. Contudo, existe uma limitação da prática agrícola devido a incapacidade na retenção de humidade dos solos para certos produtores a volta do rio Limpopo. O projecto CES-RURAL implementado em campos agrícolas a volta do rio Limpopo, visa empoderar pequenos agricultores através de melhorias na cadeia de valor na produção agrícola, no leito seco do rio Limpopo, em Macarretane, distrito de Chókwè. A presente pesquisa, foi integrada no projecto e teve como objectivo avaliar o efeito de diferentes espessuras de cobertura morta na retenção da humidade nos solos. Para tal, procurou-se encontrar as espessuras óptimas de material vegetal morto, que permitam incrementar a capacidade de retenção bem como economizar a água utilizada na agricultura irrigada. O experimento foi feito em uma área de 78 m², sendo que a área útil foi de 45 m². Foram definidos 5 tratamentos (incluindo o controle) com 3 repetições, o que totalizou 15 parcelas com 3 m² para cada tratamento. Foi usada cobertura local (capim seco) e a cultura em campo foi o milho. O delineamento experimental usado foi DBCC, com diferentes espessuras da cobertura (0, 3, 5, 7.5, 10 cm). Para a medição da humidade foi utilizado o método indirecto, através do sensor de humidade conhecido por Trident T-90, o qual fez 4 leituras durante 2 meses. Foram também determinados os parâmetros físicos do solo através da colecta das amostras deformadas e indeformadas para fins de análises laboratoriais, com objectivo de determinar a textura, a granulometria, a densidade de solo e a porosidade, com o uso das especificações da ASTM (LNEC E 233-1969, 1970 e LNEC E 235 - 1969, 1970) e em campo determinou-se a VIB. A partir da média, os resultados obtidos organizados do primeiro tratamento ao último (7,63%; 9,33%;12,43%; 12,47%; 13,33%) levam a concluir que houve maior retenção de água no solo nas parcelas cobertas a uma espessura de 5 a 10 cm comparando com as descobertas e apesar dos parâmetros físicos afirmarem que o solo tem boa capacidade de retenção de água, com a incrementação da cobertura morta nas áreas de produção houve aumento da humidade e redução da quantidade de água para rega, a qual será útil para outros fins.

Palavras-chave: Chókwè, cobertura morta, humidade do solo, irrigação, Limpopo.

ABSTRACT

Water is an indispensable factor in vegetative production, as it participates in all physical, chemical and biological phenomena essential for its development. However, there is a limitation of agricultural practice due to the inability to retention soil moisture to certain producers around the Limpopo River. The CES-Rural project, to be implemented in agricultural fields around the Limpopo River, aims to empower small farmers through improvements in the value chain in agricultural production, in the dry river liquid, in Macarretane, Chókwè district. This research is part of the project and aimed to evaluate the effect of different kick thicknesses on retention of moisture on soils. To this end, it was sought to find the optimal thicknesses of dead plant material, which allow to increase the capacity for retention as well as save water used in irrigated agriculture. The study was done in an area of 78 m², and the useful area was 45 m². 5 treatments were defined (including control) with 3 repetitions, which totaled 15 instaments with 3 m² for each treatment. Local coverage (dead grass) was used and field culture was corn. The experimental design used was DBCC, with different coverage thickness (0, 3, 5, 7.5, 10 cm). For the measurement of moisture, the indirect method was used, with a moisture sensor known as Trident T-90, which made 4 readings for 2 months. The physical parameters of the soil were also determined through the collection of deformed and undefined samples for laboratory analysis purposes, aiming to determine texture, granulometry, soil density and porosity, using ASTM specifications (LNEC And 233-1969, 1970 and LNEC and 235 - 1969, 1970). From the average, the results obtained organized from the first treatment to the latter (7.63%; 9.33%; 12.43%; 12.47%; 13.33%) lead to the conclusion that there was greater water retention in Soil in covered areas compared to discoveries and although physical parameters claim that the soil has good water retention capacity, with the increase of kick in production in areas of production can increase yield and reduce water demand, which It will be useful for other purposes.

Keywords: Chókwè, mulch, soil moisture, irrigation, dust cleaning.

1. INTRODUÇÃO

A água é um factor indispensável na produção vegetativa, pois, ela participa em todos os fenómenos físicos, químicos e biológicos essenciais para o seu desenvolvimento. Visto que a água é um meio de transporte de nutrientes minerais, que são absorvidos e conduzidos para a parte superior das plantas, bem como de produtos orgânicos da fotossíntese, sendo ela perdida no processo de evapotranspiração, levada até á atmosfera. A agricultura é uma actividade praticada há bastante tempo, sendo que, actualmente é mais praticada e de grande interesse a nível internacional, portanto, para assegurar a sua eficiência, um dos factores mais preciso é a irrigação (OLIVEIRA, 2021).

Segundo a ANA, AYRIMORAES (2020), a irrigação é uma técnica de fornecimento de água que, quando utilizada em conjunto com as demais boas práticas agronómicas permite alcançar máxima produção. No acto da irrigação ocorrem perdas de água no campo agrícola por meio de diversos factores, sendo que a infiltração é o que mais se destaca, o que vem evidenciar na retenção da humidade no solo.

Em Moçambique, existem diversos factores que limitam a produção agrícola dos quais destaca-se o tipo de solo mais predominante. Com isso, cerca de 87% da água doce no País é usada na agricultura. Portanto, o que leva o solo a ser um factor a se destacar na limitação da prática agrícola é a sua incapacidade na retenção de humidade, visto que, em quase todo o País pratica se agricultura de irrigada, especialmente certos produtores do distrito de Chókwè, em Macarretane. A humidade é um factor indispensável na agricultura porque toda prática agrícola sem água determinada para suprir as necessidades hídricas da cultura não é eficiente no seu rendimento, devido a perda das plantas por estresse hídrico.

A humidade do solo é de suma importância agrícola para que haja um bom desenvolvimento das culturas, pois, possibilita a disponibilidade de água para as plantas sem se esforçar para absorvê-la (SANTA, 2013). Por essa razão, o uso da cobertura do solo usando a palha será benéfica para segurar a humidade nos solos de modo a garantir um bom rendimento quando combinado com boas práticas agronómicas, bem como para mitigar os gastos de água na irrigação.

Face a importância da humidade do solo na agricultura em pequenas e grandes escalas, respectivamente, no presente trabalho surgiu a necessidade de se abordar sobre avaliação do efeito da palha em diferentes espessuras nos solos de Macarretane, distrito de Chókwè.

OBJECTIVOS

Geral

- ✚ Avaliar o efeito de diferentes espessuras da cobertura na retenção da humidade nos solos do posto administrativo de Macarretane, distrito de Chókwe.

Específicos

- ✚ Determinar parâmetros físicos do solo;
- ✚ Determinar a humidade do solo com cobertura a diferentes espessuras;
- ✚ Comparar a retenção da humidade nas diferentes espessuras da palha.

Problema e Justificativa

O Desenvolvimento Agrário tem sido desde sempre uma prioridade fundamental em Moçambique. Segundo PEDSA (2020), a agricultura tem contribuído positivamente para a economia de Moçambique, visto que é a sua base do desenvolvimento nacional e a modernização do sector é parte fundamental da estratégia de erradicação do índice pobreza absoluta no país (cerca de 80% da população moçambicana vive na base da agricultura). A agricultura moçambicana é predominantemente de subsistência, caracterizando-se por baixos níveis de produção e de produtividade, além disso, afirma que a agricultura familiar constitui a actividade económica que ocupa grande parte da população, constituídas essencialmente, por pequenas explorações (PEDSA, 2020).

Segundo a Direcção Provincial de Agricultura e Segurança Alimentar (DPASA, 2016), a província de Gaza é essencialmente agrária, com cerca de 90% da sua população a dedicar-se à actividade agrícola, basicamente de pequena escala. Portanto, em Macarretane, no distrito de Chókwe, a agricultura tende a se praticar mais, mas devido as características da região (semiárido) que apresenta altas temperaturas, o tipo do solo predominante acaba apresentando incapacidade de reter a humidade, o que vem influenciando na limitação da prática agrícola. Essa limitação está sendo muito apontada por causa das perdas de plantas por estresse hídrico, ou seja, redução da eficiência no seu desenvolvimento por falta de humidade no solo em período adequado para suprir as suas necessidades hídricas. Dessa forma, a limitação da prática agrícola referida foi apontada nos pequenos agricultores a volta do rio Limpopo. Contudo, outro aspecto preponderante é que há muita água a se perder nos campos agrícolas quando irrigados, pois, a maior quantidade de água doce em Moçambique é utilizada na Agricultura.

Assim sendo, o projecto CES-RURAL, a ser implementado em campos agrícolas a volta do rio Limpopo, visa empoderar pequenos agricultores através de melhorias na cadeia de valor na produção agrícola, no leito seco do rio Limpopo, em Macarretane, distrito de Chókwe.

Uma vez que a presente pesquisa está inserida no projecto, uma das melhorias a ser implementadas nos campos a volta do rio para o combate da limitação da pratica agrícola é a técnica de cobertura morta nos solos numa espessura de 5 a 10 cm de palha, para garantir que a humidade seja suficiente para suprir as necessidades hídricas das culturas bem como para economizar a água utilizada na rega e a incrementação da capacidade de retenção de água no solo para às plantas. Outrora, após a execução do trabalho notou-se que houve redução da quantidade da água usada para irrigar as culturas, visto que, com a quantidade reduzida poderá ser útil para outros fins ou para irrigar outros campos em produção.

Hipóteses

Ho: Todas as parcelas com a cobertura morta no solo em diferentes espessuras da palha poderá ser eficiente na retenção da humidade;

Ha: Existe pelo menos uma parcela com a cobertura morta no solo que não foi eficiente na retenção da humidade.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.Solo

O solo é o substrato para a vida dos ecossistemas, constituindo um sistema vivo e dinâmico que intervém como regulador dos ciclos biogeoquímicos e hidrológico, funcionando como filtro depurador e reservatório de armazenamento de água, desempenhando ainda funções de suporte físico e químico para a Vida, bem como um importante papel de tampão, em face de diversas formas de contaminação ambiental. Assim, deve ser encarado como um recurso natural vital, embora seja escasso e precíval devido a má gestão (SANTOS *et al*, 2018).

Os solos agrícolas funcionam como um sistema complexo que retém e transmitem água, ar, nutrientes e calor às sementes e raízes das plantas, de maneira que é fundamental um ambiente físico favorável ao crescimento radicular para maximizar a produção das culturas (SANTOS *et al*, 2018).

Portanto, as análises físico-químicas do solo são de grande relevância para o auxílio na identificação de seu comportamento em relação aos diversos tipos de cultivo, do entendimento dos processos de adsorção de metais potencialmente tóxicos, bem como proporcionar as informações necessárias para aumentar o potencial produtivo do solo. Dentre os parâmetros físicos-químicos que o solo apresenta, destaca-se os parâmetros físicos porque são os mais precisos para o estudo em causa.

Parâmetros físicos do solo

Os parâmetros físicos têm uma grande importância na agricultura, visto que, estabelecem relações fundamentais com os processos hidrológicos, como é o caso da taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão. Além disso, possuem também função essencial no suprimento e armazenamento de água, de nutrientes e de oxigênio no solo.

Dos principais parâmetros físicos do solo sob o ponto de vista agrícola, temos a textura, estrutura, resistência à penetração, profundidade de enraizamento, capacidade de água disponível, percolação ou transmissão da água e sistema de cultivo.

Dentre os parâmetros acima citados, a estrutura e a textura determinam a quantidade de água disponível no solo para as plantas, visto que, a estrutura é tida por reorganizar as partículas e a textura, por dispor a composição granulométrica do solo, e também o teor de matéria orgânica (NIKKEL *et al.*, 2019).

Para SOUZA *et al.* (2018), as características físicas dos solos são fundamentais para determinar a sua capacidade natural em suportar este ou aquele tipo de cobertura vegetal, seja esta cobertura o bioma característico da localidade, seja o cultivo realizado pelo homem, para isto, as condições físicas como textura, estrutura, permeabilidade, porosidade são muito importantes, sem esquecer a dinâmica da água nos mesmos, que tem papel fundamental na manutenção da vegetação e na infiltração, sendo que a textura influencia ainda na aptidão agrícola, no percentual de nutrientes e na dinâmica hidrológica dos solos.

a) Estrutura

Descreve a maneira como as partículas do solo estão agregadas. Esta propriedade, portanto, define a configuração da porosidade total, macroporosidade e distribuição do tamanho de poros (avaliação pela curva de retenção de humidade do solo). A distribuição do tamanho dos poros é um aspecto importante na caracterização da estrutura em um solo. Portanto, as técnicas de medidas incluem empeneiramento a húmido ou a seco, e os resultados podem ser expressos como percentagem de agregados estáveis em água, com diâmetro maior que 0,5 mm ou 1,0 mm, utilizando o aparelho de Yooder (RIBEIRO *et al.*, 2019).

b) Porosidade

A porosidade é uma propriedade física, resultado da relação entre o volume de poros e volume de um determinado material. A constituição da porosidade total do solo se dá por poros de diferentes tamanhos (macroporos, mesoporos, microporos), formas (alongados, arredondados, complexos e irregulares) e continuidade, que influenciam a infiltração, o armazenamento e a drenagem da água, o movimento e a distribuição dos gases e o crescimento das raízes (SILVA *et al.*, 2020; SOUZA, 2019). A Porosidade do Solo é normalmente expressa em % e acredita-se que entre os solos ela varie de 30 a 60%, em função da textura e estrutura dos mesmos. A porosidade é também uma propriedade física muito alterada pelo manejo do solo.

Os microporos, também denominados de poros capilares, são responsáveis pela retenção de água no solo, visto que, os macroporos são responsáveis pela drenagem e aeração do solo, e os mesoporos actuam na retenção da água e no movimento da água por capilar (SOUZA, 2019).

Os poros são classificados em (SOUZA, 2019): Intergranulares ou de empilhamento, cavidades, vesículas, canais, câmaras ou alvéolos e planares.

A avaliação da porosidade do solo é de grande importância para a caracterização do ambiente físico próximo a zona radicular, visto que interfere na capacidade de aeração, condução, retenção, disponibilidade de água, resistência mecânica a penetração e nutrição das plantas (SILVA et al., 2017). Portanto, para melhor entender o comportamento do solo, opta-se em determinar a distribuição de poros por tamanho, visto que é mais inerente que apenas determinar a porosidade total, tendo em consideração que um solo com boa distribuição de poros, com diâmetros variados, potencializa a actividade agrícola, tornando o agronegócio uma actividade cada vez mais sustentável (SILVA *et al.*, 2017).

A quantificação e a caracterização da porosidade permitem avaliar a qualidade estrutural do solo, visto que, para a sua análise, tem-se utilizado os estudos micromorfológicos, que têm focado principalmente no estudo do sistema poroso do solo, envolvendo caracterização, a quantificação e a avaliação da dinâmica desse sistema, que estão fortemente ligados ao estudo da estrutura do solo (CASTRO & COOPER, 2019).

No entanto, as literaturas dizem que a compactação interfere na estrutura do solo, sendo responsável pela redução da porosidade total, do tamanho e da conectividade entre os poros (MENTGES *et al.*, 2016; OBOUR *et al.*, 2017).

c) Textura

Descreve o tamanho das partículas do solo. A textura do solo se refere à proporção relativa das classes de tamanho de partículas de um solo. Cada classe de tamanho (areia, silte e argila) pode conter partículas de mesma classe mineral. As partículas minerais mais grosseiras são normalmente incorporadas, e cobertas, por argila e outros materiais coloidais. Quando houver predomínio de partículas minerais de maior diâmetro, o solo é classificado como cascalhento, ou arenoso; quando houver predomínio de minerais coloidais, o solo é classificado como argiloso. Todas as transições entre estes limites são encontradas na natureza (KLEIN, *et al.*, 2014).

Para SOUSA (2019), as características de textura dos solos juntamente com as condições climáticas determinam uma das principais características que é a permeabilidade e sua capacidade de reter água e de disponibilizá-la para as plantas, e ainda, promover a infiltração nos momentos de excedente hídrico, quando o solo excede sua capacidade de armazenamento de água.

Para CENTENO *et al.*, (2017) a textura do solo influencia na dinâmica da adesão e coesão entre as partículas de solo bem como o manejo dos solos, dando efeito na resistência do solo à tração bem como a dinâmica da água no solo.

d) Granulometria

A granulometria do solo é a distribuição de suas partículas constituintes, de natureza inorgânica ou mineral, em classes de tamanho. As classes de tamanho das partículas inorgânicas são também chamadas de frações granulométricas. Ela, representa uma de suas características mais estáveis, sendo determinada por meio da análise granulométrica.

As frações granulométricas do solo têm importante papel na retenção de água no solo, através do efeito na estrutura do solo e conseqüentemente na distribuição, tamanho e continuidade dos poros, com o uso das seguintes normas:

ASTM (LNEC E 233-1969, 1970 e LNEC E 235 - 1969, 1970), limite de consistência com a norma (NP 143-1969 - limite de liquidez e limite de plasticidade), de compactação Proctor Modificado e ensaio de CBR com a seguinte especificação (LNEC E 197-1966) e (LNEC E 198-1967) respectivamente.



Fig. 1: Agitador e peneiras (CAVALLI, 2013).

À direita estão as peneiras de diferentes diâmetros utilizadas na determinação da granulometria. À esquerda, um agitador mecânico de peneiras. Nele as peneiras são empilhadas do maior diâmetro para o menor.

A separação da fração argila da fração silte é feita por meio da sedimentação diferencial das partículas. Neste caso, a separação da argila e silte são baseadas no tempo em que as partículas levam para chegar até o fundo de um recipiente contendo água. As argilas levam mais tempo para chegar ao fundo do recipiente, ou seja, o silte sedimenta primeiro que as argilas.

Dessa maneira, pela análise mecânica (ou granulométrica), obtém-se uma distribuição quantitativa expressa em percentagem das fracções areia, silte e argila presentes na terra fina seca ao ar (TFSA).

Classe textural

O conhecimento sobre a distribuição granulométrica de partículas sólidas é essencial para várias aplicações. Assim, é por meio da análise granulométrica que se determina a textura dos solos, parâmetro fundamental na inferência do potencial de compactação, da disponibilidade de água, etc. Após a determinação das percentagens das fracções areia, silte e argila, o solo é classificado quanto à sua textura utilizando-se o triângulo textural.

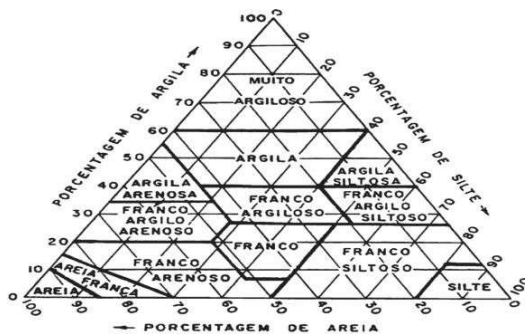


Fig. 2: Triângulo textural (CAVALLI, 2013).

Densidade do solo

Definida como sendo a relação existente entre a massa de uma amostra de solo seca a 105°C e a soma dos volumes ocupados pelas partículas e pelos poros. A Densidade do solo é uma propriedade que avalia a massa de sólidos pelo volume e é afectada pelos cultivos que alteram a estrutura do solo, dessa forma, descrevendo o estado da estrutura do solo (SIIVA *et al*, 2020). Os aumentos na densidade do solo em superfície, nos sistemas florestais, podem estar relacionados ao tempo de utilização da área, a arquitectura do sistema radicular, a pouca cobertura do solo durante o período inicial de crescimento das plantas e as condições de humidade do solo no preparo e plantio das mudas (SILVA *et al*, 2020). Além disso, também não são necessariamente prejudiciais ao crescimento das culturas, porque até certos limites este aumento pode contribuir com o armazenamento de água no solo e com a capacidade de suporte de carga (SILVA *et al*, 2020).

A determinação da densidade dos horizontes de um perfil de solo permite avaliar certas propriedades, como: drenagem, porosidade, condutividade hidráulica, permeabilidade ao ar e

à água, capacidade de saturação, armazenamento de água e água disponível para às plantas (EMBRAPA, 2019).

Água disponível para as plantas ou humidade no solo para as plantas

Segundo JERSZURKI *et al.*, (2018), é definida geralmente pela diferença entre a Capacidade de campo (dm^3/dm^3) e Ponto de murcha permanente (dm^3/dm^3), também diz que a estimação da quantidade de água disponível no solo para as plantas, que tem como limite superior a capacidade de campo e o ponto de murcha do solo como limite inferior de umidade no solo, desta forma estima-se a quantidade de água no solo em relação às necessidades hídricas de uma certa cultura de acordo com a profundidade do seu sistema radicular.

A disponibilidade de água no solo depende da sua estrutura ou porosidade, assim sendo, os solos da textura argilosa são impermeáveis, pois, apresentam microporos, os quais capacitam o solo na retenção da humidade ou disponibilidade de água para as plantas, e os solos da textura arenosa são permeáveis, com baixa capacidade de retenção de água devido a presença de macroporos. A retenção de água no solo para as plantas usando como técnica a adição de palha depende do tipo de textura (RDAS *et al.*, 2018).

Por essa razão que nem toda água armazenada no solo está disponível para as plantas. Geralmente, a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP) são usualmente considerados como a quantidade máxima e mínima de água disponível.

Portanto, o desenvolvimento das plantas e a produtividade das mesmas talvez tenham maior relacionamento com a umidade no solo que qualquer outro aspecto meteorológico isolado, até mesmo a chuva (MARTINS, 2019). Modernamente o conhecimento da umidade do solo é muito inerente para a tomada de decisão de quando e quanto irrigar (MATOS *et al.*, 2017).

James Trident T-90

O James Trident representa um avanço na modernidade da tecnologia de mensuração de humidade. Utilizando a mais recente tecnologia de microondas e microprocessador, o Trident pode determinar o teor de humidade de areia, cascalho, pedra britada e outros agregados finos e graúdos. Basta inserir os pinos da sonda no material a ser medido e instantaneamente a percentagem de teor de humidade é mostrada no visor de fácil leitura. O medidor de humidade Trident Microwave usa um sensor de cinco pinos para medir a constante dielétrica complexa do material englobado pelos quatro pinos externos. Como a constante dielétrica da água é quatro a oito vezes maior do que a maioria dos agregados, as mudanças no teor de água afectam directamente a saída do sensor URSHEV *et al.*, 2016. Uma média de cinco (5) a dez (10) leituras é normalmente feita para garantir uma leitura válida. Esta saída é então

convertida pelo microprocessador integrado e o teor de humidade é exibido directamente como uma percentagem de 0 a 20 % do peso seco. Finalmente, o Trident pode armazenar mais de 150 leituras URSHEV *et al.*, 2016. O armazenamento está completo com a hora e data para referência futura. Os dados podem ser recuperados via interface RS-232 para um computador pessoal executando WIN95/WINNT.

Água no solo

A água armazenada no solo é inerente, pois, é a principal fonte deste componente às plantas, bem como é o meio no qual estão solúveis os nutrientes essenciais à planta. Na ausência da água, não é possível a vida vegetal ou animal. Portanto, a água no solo é importante sob ponto de vista na produção agrícola, pois age como um solvente para o solo, visto que junto com os sais minerais compõe a solução do solo que por sua vez, fornece nutrientes essenciais aos vegetais em crescimento (GRIGOLON, 2013). Dessa forma, o solo é um reservatório natural de água para as plantas no ponto admissível, e as suas recargas são a chuva e a irrigação. Desta forma é importante realizar o acompanhamento periódico do armazenamento de água no solo, para determinar se a necessidade de aplicar água por meio da irrigação ou não (BRUNING *et al.*, 2019).

Taxa de infiltração no solo

Para ALMEIDA JUNIOR *et al.*, (2020) infiltração é o movimento de água através da superfície do solo por acção gravitacional e por sucção. A taxa de infiltração do solo varia com o tempo, sua porosidade, grau de saturação, sucção, textura, estrutura, estratificação, homogeneidade, anisotropia etc. (RIBEIRO *et al.*, 2019). A infiltrabilidade ou capacidade de infiltração, não só depende da profundidade da camada impermeável, da permeabilidade e compactação do solo, mas também da cobertura vegetal e da humidade inicial do solo (ALMEIDA JUNIOR *et al.*, 2020).

O conhecimento da taxa de infiltração da água no solo é de fundamental importância para definir técnicas de conservação do solo, planejar e delinear sistemas de irrigação e drenagem, bem como auxiliar na composição de uma imagem mais real da retenção da água e aeração no solo (CBGAS *et al.*, 2013).

Portanto, é na base da infiltração que é feita a mensuração da Velocidade da Infiltração Básica (VIB), através da quantidade de água que infiltra no solo e o escoamento que possa acontecer (VIEIRA *et al.*, 2013). O factor infiltração é fundamental porque pode ajudar a compreender o que causa a variabilidade na produção agrícola (VIEIRA *et al.*, 2013).

A capacidade de infiltração é geralmente maior no início do processo de infiltração, visto que o solo está mais seco, tendendo decrescer à medida que a água penetra no solo até atingir um valor constante igual à capacidade final de infiltração, que geralmente também é denominado estágio estacionário de infiltração ou infiltração básica (ALMEIDA *et al.*, 2020). A VIB ou taxa de infiltração básica, varia de acordo com o tipo da textura do solo, assim podemos observar os valores abaixo citados (ALMEIDA *et al.*, 2020):

Tabela 1: Classificação de capacidade de infiltração de água no solo

Classificação	Intervalos
Solo de VIB baixa	$VIB < 0,5 \text{ cm/h}$
Solo de VIB média	$0,5 < VIB < 1,5 \text{ cm/h}$
Solo de VIB alta	$1,5 < VIB < 3,0 \text{ cm/h}$
Solo de VIB muito Alta	$VIB > 3,0 \text{ cm/h}$

Diversos métodos de campo têm sido utilizados para determinar a VIB de um solo, dentre eles destaca-se o método do infiltrômetro de anéis, devido a sua simplicidade e de fácil execução.



Figura 3: Anéis de Infiltração.

Definição do tipo do solo

O solo é um dos recursos naturais mais importantes para o equilíbrio do ecossistema terrestre, uma vez que interage diretamente com a atmosfera, biosfera, litosfera e hidrosfera (SANTOS *et al.*, 2018). A definição do solo pode ser feita a partir dos atributos físicos, químicos e biológicos, que são determinados para cada função. Mas desde já vamos mencionar os atributos físicos porque foram determinados para o presente estudo como forma de serem considerados importantes para o mesmo, onde dentre eles foram determinados os seguintes atributos: granulometria (distribuição das partículas sólidas por classes de tamanho e

frequência: areia, silte e argila), densidade do solo, porosidade e a velocidade de infiltração da água (BALOTA, 2017).

Solos de textura franco-siltosa

Silte é um solo fino ou a fração fina de um solo grosso com baixa plasticidade, ou seja, não é muito plástico. Solo que apresenta apenas a coesão necessária para formar, quando seco, torrões facilmente desagregáveis pela pressão dos dedos. Suas propriedades dominantes são devidas à sua parte constituída pelos grãos minerais de diâmetro máximo superior a 0,005 mm e inferior a 0,05 mm, caracterizados pela sua textura e compacidade (ALMEIDA *et al.*, 2020). Portanto, são solos com teores de argila superiores a 35 %, possuem baixa permeabilidade e alta capacidade de retenção de água e nutrientes.

Milho

É uma das culturas mais cultivadas no cenário nacional e internacional. Isso ocorre por ser o terceiro cereal mais importante globalmente depois de trigo e arroz, sendo utilizado no consumo humano e animal. Além disso, muitos países utilizam esse grão como matéria-prima para a produção de etanol (SULEIMAN *et al.*, 2015).

Em quase toda região sul do país, especificamente na província de Gaza, essa cultura é mais produzida para a venda bem como para o consumo familiar.

A temperatura ideal para essa cultura se desenvolver é de 28 °C, mas também consegue se desenvolver em temperaturas entre 15 a 34 °C (COPATTI *et al.*, 2013). Visto que o seu ciclo varia de 90 a 150 dias (CORTESE, 2020).

Dimensionamento de rega para cultura do milho

O consumo total de água da cultura do milho varia em função das condições climáticas e da cultivar utilizada. O milho de variedade de ciclo médio cultivado para a produção de grãos secos consome de 400 a 700 mm de água em seu ciclo completo, dependendo das condições climáticas. O período de máxima exigência é na fase do embonecamento ou um pouco depois dele, por isso déficit de água que ocorrem nesse período são os que provocam maiores reduções de produtividade. Déficit anterior ao embonecamento reduz a produtividade em 20 a 30%; no embonecamento em 40 a 50% e após em 10 a 20%. A extensão do período de déficit também é importante. A irrigação para a cultura do milho pode ser viável economicamente quando o fator limitante é a água e/ou o preço de venda do produto é favorável, o que possibilita a minimização de risco e estabilidade no rendimento.

Palha

A manutenção da palha sobre a superfície do solo promove o aumento dos estoques de carbono do solo, redução das emissões totais de gases do efeito estufa, melhoria dos atributos físicos e químicos, aumento da sua actividade biológica, da infiltração e armazenamento de água no solo, visto que favorece também no aumento da biomassa microbiana, que tem efeitos directos e indirectos na disponibilidade de água, na dinâmica dos nutrientes, no crescimento e na produção final das culturas (SANTOS, *et al.* 2016).

Entretanto, em algumas condições climáticas têm-se observado que a manutenção de grandes quantidades de palha sobre a superfície do solo pode acarretar em algumas desvantagens, como a redução da brotação das soqueiras, maior incidência de pragas de solo, aumento do risco de incêndios e dificuldades no cultivo mecanizado da soqueira (MAGALHÃES *et al.*, 2018).

Uma das condições para assegurar a eficiência deste sistema é o uso adequado da cobertura do solo por espécies formadoras de palha, as quais devem ter elevada produção de biomassa e grande persistência sobre o solo para que se possa garantir protecção contra processos erosivos, favorecer maior retenção de humidade em condições de défice hídrico (SOUZA *et al.*, 2018). Por essa razão, seria óptimo deixar os solos agrícolas cobertos, se possível, durante todo o ano, porque a cobertura do solo com palha, mantem as temperaturas baixas, evita perdas de água por evaporação e evita o estresse nas plantas. Ainda salienta que a zona radicular que está em um solo com temperaturas acima de 32 – 33 °C não tem capacidade de absorver água e nutrientes e, considerando-se que 85 a 90% da absorção de água e nutrientes nas culturas anuais é feita nos primeiros 20 cm do solo, é fundamental formar cobertura do solo com palha (SOUZA *et al.*, 2018).

A palha pode ser benéfica bem como maléfica, porém, a sua espessura da camada geralmente recomendada é de 5 a 10 cm, visto que, muitas árvores estão sendo vítimas da praga da adubação excessiva (SIA, 2013). Porém, autores afirmam que a escolha do tipo de cobertura morta deve obedecer ao objectivo e a disponibilidade de material na região de estudo.

3. METODOLOGIA

Área de estudo

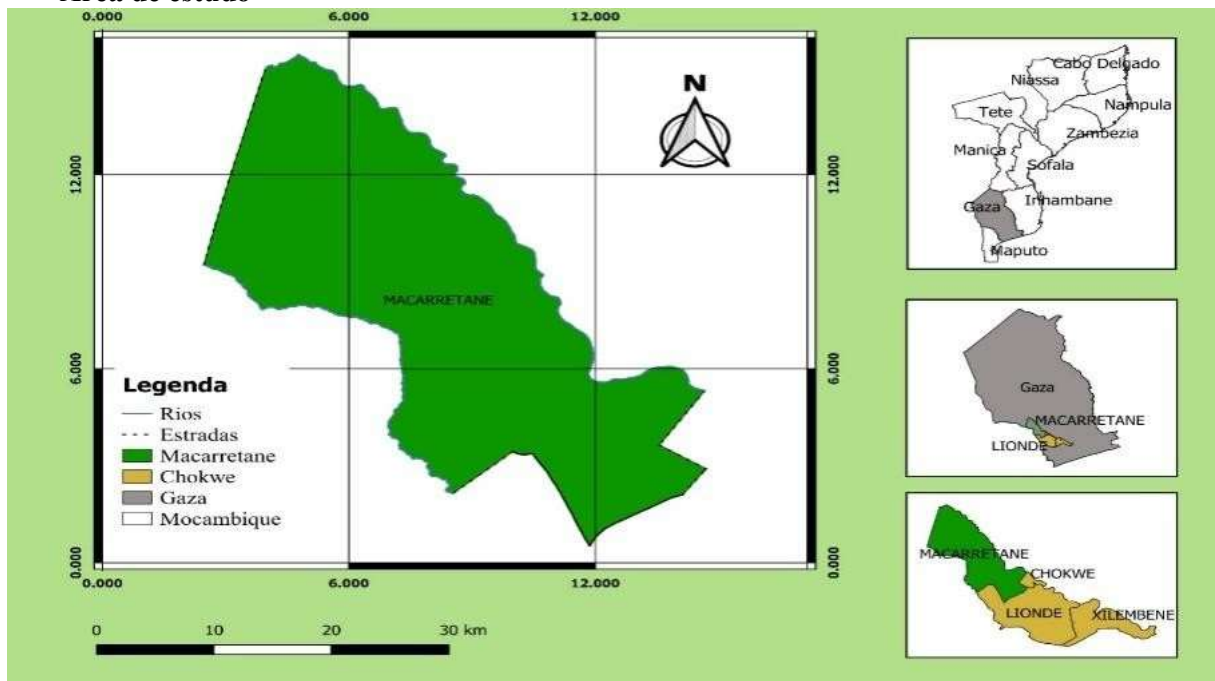


Fig. 4: Localização de Macarretane, distrito de Chókwe.

O experimento foi realizado em Macarretane, Distrito de Chókwe, no campo agrícola da dona Anita. Portanto, o distrito de Chókwe localiza-se a Oeste da região sul de Moçambique, mais concretamente a Sudoeste da Província de Gaza, com coordenadas geográficas: Latitude: 24° 05' e 24° 48' Sul, e Longitude: 32°31' e 33°35' Este, com clima semiárido. No semiárido seco, a precipitação varia de 500 a 800 mm com uma evapotranspiração superior a 1500mm, com uma temperatura anual superior a 24°C. A humidade relativa anual é cerca de 60-65%. Os solos predominantes são argilosos e siltosos.

Recolha das amostras

A recolha das amostras de solo foi feita de acordo com as especificações de (LNEC E 233 - 1969, 1970) e (LNEC E 235- 1969, 1970). Antes da extracção das amostras foi demarcada a área de estudo, onde fez se uma limpeza e foram colhidas amostras deformadas e indeformadas, sendo elas retiradas aleatoriamente. A limpeza da área em estudo foi feita com catana e enxada, visto que, as amostras deformadas foram colhidas usando sonda manual a uma profundidade de 20 cm. Após a extracção das amostras no solo, foram colocadas em sacos plásticos em conservação até ao laboratório.

Para a colecta das amostras indeformadas foram utilizados anéis ou cilindros volumétricos (altura e diâmetro de 5 cm), com um amostrador, mais simples e robusto, é o Castelo, no qual

o anel volumétrico foi introduzido directamente no solo por meio de roscagem, sendo de baixo custo e de fácil execução. O anel foi introduzido directamente no solo, houve a necessidade de retirar a amostra cuidadosamente para evitar a perda ou deformação da mesma, como se estivesse a desroscar (KLEIN, 2012).

O experimento foi conduzido em DBCC, com cinco (5) tratamentos e três (3) blocos. Entretanto, foram utilizados tratamentos de espessura (0; 3; 5; 7.5 e 10 cm) de cobertura respectivamente. O experimento foi executado numa área de 78 m², com área útil de 45 m², onde cada tratamento cobriu ou ocupou uma área de 3 m². Toda a palha foi dessecada ao ar livre por um tempo não determinado porque foi encontrado no campo já seca, para garantir um bom efeito no solo, visto que as literaturas recomendam que a palha deve passar por dessecação antes de ser aplicada no campo. Contudo, a palha ficou no campo desde a sementeira do milho até a fase da colheita.

Layout do delineamento experimental

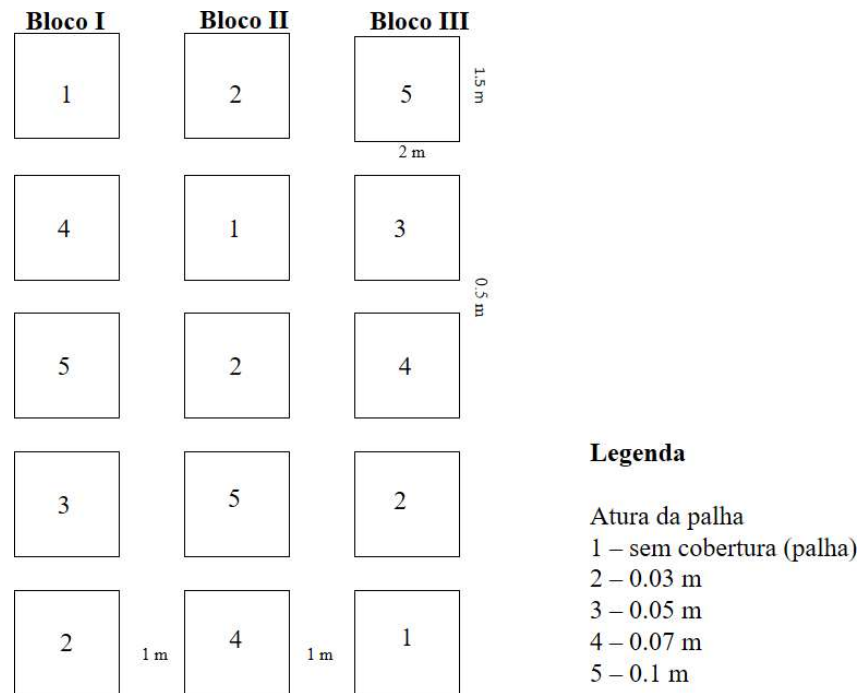


Fig. 4: Layout do terreno onde se fará o experimento.



Figura 5: Vista geral do campo: a esquerda, o campo depois da aplicação a palha antes da germinação, e a direita têm o campo após a germinação na fase do desenvolvimento do milho.

Determinação do sistema de aplicação de água no campo

Para a sementeira do milho foi usado um compasso de 30 cm entre as culturas e 50 cm entre as linhas, e as necessidades de água para a rega foram estimadas através do programa da FAO Cropwat versão 8.0 beta, usando rega tradicional (regador de 13 L) para transportar água para o campo.

Para o estudo em causa, a cultura de milho (variedade matuba) serviu como nosso indicador para avaliar o efeito da cobertura na retenção da humidade para às culturas.

Determinação dos parâmetros físicos do solo

Densidade do solo

Para a determinação da densidade do solo foi utilizado o método de anel ou cilindro volumétrico seguindo o seguinte princípio:

A obtenção da massa por pesagem e do volume pela colecta de amostras de solo com estrutura indeformada por meio de um cilindro de volume interno conhecido.

Para a sua execução laboratorial usou-se equipamentos e matérias seguintes:

- ✚ Cilindro (anel) volumétrico de 98,17 cm³.
- ✚ Balança comercial, com precisão de 10 Kg.
- ✚ Estufa ajustada a temperatura de 105°C.

A sua execução desde o campo até ao laboratório teve os seguintes procedimentos (TIXEIRA, *et al.*, 2017):

- ✚ Colectou-se a amostra com o uso de cilindro volumétrico. A amostragem foi feita com cuidado, para evitar a compactação do solo no interior do cilindro, por meio da escavação do solo ao redor do cilindro, na medida em que ele é inserido no solo.
- ✚ Removeu-se a amostra do cilindro e transferiu-se para o recipiente numerado e de massa conhecida.
- ✚ Secou em estufa a temperatura de 105 °C por 48 horas, retirou-se e deixou-se esfriar em durante 1h de tempo em temperatura ambiente e pesar.

Dessa forma, foram extraídas 3 amostras aleatoriamente que a partir da sua média obtida foi desenvolvido o cálculo, que de forma breve e precisa utilizando a equação 1 abaixo apresentada:

Equação 1: $Ds = \frac{Ms}{Vs}$; onde:

Ds – densidade do solo (g/cm³);

Ms – massa de solo (gramas); e

Vs – volume do solo (centímetros cúbicos).

Utilizando a fórmula, através da razão entre os valores de massa pelo volume, foi obtida a densidade do solo, conforme a fórmula acima apresenta. A figura 6 abaixo representa imagens dos pontos onde foram executados os procedimentos, sendo que, a imagem **A** ilustra como foram extraídas as amostras para o laboratório, a imagem **B** ilustra a pesagem da amostra no laboratório e a imagem **C** ilustra a estufa que foi utilizada para secar as amostras.



A

B

C

Figura.6: Imagens que ilustram mais ou menos os procedimentos na determinação da densidade do solo.

Com base na determinação da densidade do solo feita, obteve-se como resultado final 1,31 g/cm³.

Granulometria do solo

A determinação granulométrica do solo foi feita pelo método de pipeta, utilizando-se solução de hidróxido de sódio como dispersante químico. Este parâmetro foi executado no laboratório do ISPG com principal objectivo de conhecer a textura do solo da área de estudo, obedecendo o seguinte princípio:

Dispersão mecânica e estabilização da amostra por meio de agitador em uma solução dispersante adequada, seguida da separação das fracções por peneiramento e sedimentação. Medição das fracções separadas por meio de pesagem após secagem em estufa (método padrão).

Usou-se como material e equipamentos, os seguintes:

- ✚ Béquer de plástico de 250 ml. • Latas de alumínio (cadinhos) com capacidade de 200 ml.
- ✚ Provetas (3) de 1000 ml.
- ✚ Peneira com malha de 2,0 mm.
- ✚ Peneira com malha de 0,053 mm.
- ✚ Funil.
- ✚ Pipeta graduada de 25 ml.
- ✚ Agitador rotativo.
- ✚ Balança com capacidade de 200g e com precisão de 0,01 g.
- ✚ Estufa ajustada a temperatura de 105°C.

Reagentes e Soluções utilizados para a dispersão do solo (TIXEIRA, *et al.*, 2017):

- ✚ Solução de hidróxido de sódio 1 mol/L – que foram dissolvidos 40 g de NaOH em água destilada e transferiu-se para proveta de 1 L, completando o volume com água destilada.

Procedimentos (TIXEIRA, *et al.*, 2017):

- ✚ Colocou-se a amostra identificada espalhada sobre uma folha de papel em uma bancada e destorroou-se manualmente os torrões existentes.

- ✚ Efectuou-se a completa secagem da amostra ao ar em ambiente ventilado.
- ✚ Passou-se a amostra através de peneira com malha 2 mm.
- ✚ Descartou-se a parte da amostra retida na peneira. Transferiu-se a terra seca fina ao ar (TFSA) para o recipiente apropriado, devidamente identificado.
- ✚ Pesou-se 10 g de TFSA e colocar em Erlenmeyer de 250 mL.
- ✚ Preparou-se solução de 0,1 mol de NaOH – 4,000 g/L. transferiu-se 100 mL de NaOH 0,1 mol para o Erlenmeyer contendo a amostra do solo.
- ✚ Levou-se a amostra para o agitador orbital por 16 horas a 159rpm.
- ✚ Fez-se a separação da fracção areia utilizando peneira de 0,053 mm e, depositando o material em uma proveta de 1000 mL, com ajuda de um funil de vidro. A areia ficou retida na peneira, o silte e a argila passaram para a proveta.
- ✚ Colocou-se a amostra de areia retida na peneira em um cadinho e, levou-se a estufa ajustada a temperatura de 105°C a secar durante 24h e depois pesou-se. O cadinho pesou duas vezes antes de secar na estufa, uma vez sem amostra e a outra com a amostra.
- ✚ Em seguida deixou-se a solução da proveta por um descanso de aproximadamente 4 horas de tempo de modo que ocorra a sedimentação do silte. Homogeneizou-se a amostra, e com uma pipeta extraiu-se 10 ml da solução que foi de argila. A pipeta foi inserida até aos primeiros 5 cm da proveta.
- ✚ Transferiu-se o material pipitado para cadinho e levou-se á estufa de 105°C por 24 horas e pesou-se. O cadinho que recebeu a argila foi antes passado sem amostra. As pesagens foram feitas numa balança analítica de 4 casas. Portanto, a amostra de controlo foi feita usando mesmos procedimentos.

A figura 7 abaixo ilustra pequenas demonstrações naquilo que foi a determinação da granulometria do solo, onde de esquerda para direita apresenta um agitador utilizado para agitar as amostras que continham nos erlenmyers, peneiros utilizados para separar o material grosso do fino e por fim uma pipeta utilizada para pipitar o solo após a sedimentação.



Figura. 7: Certos equipamentos utilizados na determinação da granulometria do solo.

Para a obtenção dos resultados granulométricos, optou-se no uso das seguintes equações:

Equação 2: Cálculo da fracção areia:

$$(\text{Areia} + \text{Cadinho}) - \text{Cadinho} = X \text{ g de areia}$$

$$X \text{ g de areia} \frac{\quad}{10 \text{ g de solo}}$$

$$Y \frac{\quad}{100}$$

Y representa a percentagem da areia na amostra do solo

Equação 3: Cálculo da fracção argila

$$(\text{Areia} + \text{Cadinho}) - \text{Cadinho} - \text{Controlo} = X \text{ g de argila.}$$

Foi descontado o NaOH por meio do controlo.

$$X \text{ g de argila} \frac{\quad}{10 \text{ ml de solução pipitada}}$$

$$Z \frac{\quad}{100\text{ml}}$$

Se Z g de argila (resultado) está para 10 g de amostra do solo, quanto representa em 100 g? O resultado é a percentagem de argila na amostra do solo.

Para silte, fazer a diferença tendo em conta o total de 100%. Deste modo, foi obtida a composição percentual de areia, silte e argila.

Após a determinação da granulometria do solo, usou-se o triângulo textural de solos para determinar a textura do solo em análise com base nos resultados obtidos e observou-se que o solo apresenta uma classe textural franco siltoso.

Porosidade do solo

A porosidade foi determinada usando método directo, que usou-se como material e equipamentos os seguintes:

- ✚ Cilindros metálicos
- ✚ Bandeja metálico
- ✚ Pano multiuso e tesoura
- ✚ Elástico látex N°18 (liga de borracha)
- ✚ Estufa com ajuste de temperatura para 105°C.
- ✚ Balança.

Procedimentos:

- ✚ Preparou-se a amostra de solo contida no cilindro (previamente pesado), niveladas as duas superfícies e colocou-se, na sua parte inferior, um tecido apropriado preso com liga de borracha, anteriormente pesados, obtendo-se assim o conjunto amostra-cilindro-tecido-liga.
- ✚ Colocou-se o conjunto amostra-cilindro-tecido-elástico em tampa de lata de alumínio numerada, previamente pesada.
- ✚ Transferiu-se o conjunto amostra-cilindro-tecido-elástico para bandeja metálica com altura superior à do cilindro, adicionou-se água, até atingir uma coluna de cerca de 1 cm no anel. Aguardou-se a ascensão capilar da água até o topo da amostra durante 24 horas, garantindo dessa forma uma saturação completa das amostras.
- ✚ Retirou-se o conjunto amostra-cilindro-tecido-elástico, colocou-se na respectiva tampa e pesou-se.
- ✚ Após a pesagem levou-se as amostras e colocou-se a secar na estufa ajustada a temperatura de 105°C durante 48 horas.
- ✚ Retirou-se da estufa, deixou-se esfriar a temperatura ambiente e juntou-se ao conjunto o respectivo elástico e pesou-se, obtendo a massa do conjunto amostra-cilindro-tecido-elástico.
- ✚ Retirou-se a amostra do cilindro, separando o tecido, lavando-o e reservando-o, juntamente com a liga, para os próximos procedimentos.

- Montou-se o conjunto cilindro-tecido-elástico, imergindo-o em água. Separar uma tampa de lata de alumínio numerada, previamente pesada. Retirou-se o conjunto cilindro tecido-liga, colocou-se na respectiva tampa e pesar, obteve-se assim a massa do conjunto cilindro-tecido-liga saturado. Essa operação foi necessária para eliminar, nos cálculos, a massa de água que não estava contida nos poros do solo, e sim adsorvida ao conjunto cilindro-tecido-elástico.

Através da equação 4 abaixo apresentada foi calculada a porosidade.

Equação 4: $Pt = \frac{(a-b)-(c-d)}{e}$, onde:

Pt – Porosidade total, em m³/m³;

a – Massa do conjunto amostra-cilindro-tecido-liga saturado, em kg;

b – Massa do conjunto amostra-cilindro-tecido-liga seco a 105 °C, em kg;

c – Massa do conjunto cilindro-tecido-liga saturado, em kg;

d – Massa do conjunto cilindro-tecido-liga seco a 105 °C, em kg;

e – Volume total da amostra, em m³. Nesse caso, assume-se que o volume total da amostra é igual ao volume do cilindro, que pode ser estimado por:

$Vc = \pi \cdot r^2 \cdot h$; onde:

Vc – volume do cilindro, em m³;

r – raio do cilindro, em m;

h – altura do cilindro, em m.



Figura. 8: Representa imagens de como foi executado a porosidade.

Velocidade de Infiltração Básica (VIB)

A VIB foi obtida de acordo com a metodologia de infiltrómetro de anéis, onde foram cravados dois anéis concentricamente, sendo o menor com 25 cm de diâmetro e o maior de 50 cm com altura de 30 cm. Os anéis foram cravados a uma profundidade de até 10 cm, e a reposição da água foi feita sempre que o nível chegar próximo a 5 cm de altura da régua, com o auxílio do cronómetro para determinar o tempo quando o volume da água infiltrava. O anel externo teve como finalidade reduzir o efeito da dispersão lateral da água infiltrada do anel interno. Assim, a água do anel interno infiltrou no perfil do solo em direcção predominante vertical, o que evitou a superestimava da taxa de infiltração. Os testes de infiltração foram realizados no período de tarde garantindo que o solo não esteja humedecido pelo orvalho. São 2 testes que foram realizados (um na lateral e outro no meio do campo) com objectivo de se encontrar a velocidade de infiltração básica media e representativa. As leituras eram lidas no dispositivo de medição que se encontrava inserido no centro de anel interior. À medida que o tempo passava a lâmina de água reduzia a sua altura no anel e anotava-se o seu nível em unidades de tempo pré-estabelecidos. O tempo foi controlado por meio de um cronómetro do celular e a medida que o tempo passava a água penetrava no solo e seu volume diminuía nos anéis por isso efectuou-se a reposição da mesma até que se atingiu o ponto de saturação do solo onde a taxa de infiltração da água aproxima a zero. O controle do tempo no princípio foi em intervalos de 2 minutos, depois usou-se intervalos de 4 minutos e por fim intervalos de 8 minutos, pois a lâmina de água que infiltrava diminuía a medida que o solo ia atingindo o seu ponto de saturação por isso que aumentou-se os intervalos de tempo das leituras. Os dados lidos foram registados num bloco de notas, depois, foram calculados os coeficientes de infiltração (**a** e **K**) e determinou-se a equação de infiltração (I), equação de velocidade de infiltração instantânea (VI) e a velocidade de infiltração básica (VIB) para cada teste, e por fim a velocidade de infiltração básica média.

Para determinação da equação de infiltração usou-se a fórmula de Kostiakov (1932) que descreve que a infiltração de água no solo é directamente proporcional ao tempo (T) e corrigida por coeficientes (**a** e **K**) que dependem de solo.

Onde:

Eq. 5

$$I = k \times T^a$$

I – é infiltração acumulada (**cm**);

T – é o tempo de infiltração (**minutos**);

K e **a** – são constantes dependentes do solo

seus valores variam de 0 á 1 são adimensionais (não têm unidades)

Equação 5: Para determinação da infiltração acumulada.

Para a determinação dos coeficientes **K** e **a**, foi usado o **método analítico**, método que consiste no uso de regressão linear, que só é aplicável às equações lineares. Portanto uma vez que a equação de Infiltração acumulada é exponencial, converteu-se em uma equação linear aplicando operações logarítmicas correspondente á equação de infiltração.

$$\mathbf{Log I = log k + a log T} \leftrightarrow Y = log I ; A = log k; B = a; X = log T$$

Onde os valores de **A** e **B** são determinados usando expressões a seguir:

$$A = \frac{\sum X \cdot \sum XY - \sum X^2 \cdot \sum Y}{(\sum X)^2 - m \cdot \sum X^2} \quad B = \frac{\sum X \cdot \sum Y - m \cdot \sum XY}{(\sum X)^2 - m \cdot \sum X^2}$$

Onde: **m** = número de pares de dados **I** e **T**

Equação 6: para a determinação dos valores de **A** e **B**

Obtidos os valores de **A** e **B**, determinou-se **k** e **a**, ou seja, retornou-se a equação exponencial de origem. O valor de **k** é encontrado aplicando o antilogaritmo de **A**, e **a** é o próprio valor de **B**

$$A = log k \leftrightarrow k = anti log A \text{ Entao: } k = 10^A$$

$$\text{Entao: } a = B$$

Equação 7: Para determinação dos valores de **K** e **a**

Eq. 8

$$VI = \frac{dI}{dT} \text{ isto é: } VI = K x a x T^{a-1}$$

Equação 8: Para a determinação da taxa de infiltração que é a velocidade com a qual a água infiltra no solo.

A velocidade de infiltração instantânea (**VI**) é derivada da infiltração acumulada (**I**)

Isto é, para obter-se a **equação 6**. que é equação para o cálculo da capacidade de infiltração derivou-se a **equação 5**.

Equação 9: Para o cálculo da **VIB**

$$VIB = 60 \times K \times a \times \left(\frac{-0,01}{60 \times K \times a (a - 1)} \right)^{\frac{a-1}{a-2}}$$



Figura 9: Representa anéis de infiltração cravados no solo para fazer leituras da velocidade de infiltração básica.

Determinação do tipo do solo

A determinação do tipo do solo foi feita a partir dos atributos ou parâmetros físicos do solo acima mencionados e afirmou-se com base nos resultados obtidos que o tipo do solo predominante do local de estudo é siltoso.

Determinação da humidade

Das metodologias utilizadas para determinar a humidade do solo foi utilizado o método indirecto, com o uso do sensor de humidade (James Trident T-90), numa profundidade de 30 cm. Os dados foram colectados 5 vezes, onde em cada tratamento foram feitas 6 leituras por tratamento conforme as recomendações dadas sobre o uso do sensor. Entretanto, o experimento foi conduzido em DBCC com cinco (5) tratamentos e três (3) blocos respectivamente. Em cada tratamento foram semeadas 20 plantas da cultura de milho. A medição da humidade no solo foi feita a uma profundidade de 30 cm, num período de 10 dias de diferença e no intervalo de tempo das 11h00 às 12h30 horas, sendo que as respectivas leituras foram feitas 4 vezes após a germinação da semente.

Para a aplicação da cobertura no solo foram usadas as recomendações dadas por (SIA, 2013). A espessura da cobertura adicionada na superfície do solo variou em cada tratamento, visto que as recomendações acima citadas variaram de 5 a 10 cm, para garantir uma boa retenção da humidade no solo.



Figura.10: Representa o sensor que foi usado para determinar a humidade e a forma como foi executado no campo.

Comparação do volume de retenção da humidade nas diferentes espessuras da palhaA comparação foi feita com base no pacote estatístico com base no pacote estatístico Minitab, versão.18, no qual foi aplicado o delineamento de blocos completamente casualizado.

Delineamento de Blocos completamente casualizados (DBCC)

O Delineamento em Blocos casualizados são aqueles que levam em consideração os três (3) princípios básicos da experimentação, onde o controle local é feito na sua forma mais simples chamado de blocos, sempre que não houver homogeneidade das condições experimentais, deve-se utilizar o princípio do controle local, dessa forma estabelece-se, então, sub-ambientes homogêneos (blocos) instalando, em cada um deles, todos os tratamentos, igualmente repetidos (CUNHA, 2018). Nessas condições, o delineamento em blocos casualizados é mais eficiente que o inteiramente ao acaso e, essa eficiência depende da uniformidade das parcelas de cada bloco.

Apresenta como vantagens no controle das diferenças que ocorrem nas condições ambientais, de um bloco para outro, bem como a condução de uma estimativa mais exata para a variância residual, uma vez que a variação ambiental entre blocos é isolada (CUNHA, 2018).

Amostragem

Antes de se iniciar a realização de ensaios, deve-se realizar a colecta de amostras, é extremamente importante e primordial para o desenvolvimento de uma pesquisa experimental. As amostras são classificadas em dois grupos parcialmente distintos conforme a sua forma de colecta, classificada como amostras indeformadas e deformada (GODOI, 2014).

Amostras deformadas

As amostras deformadas devem ser mantidas com sua humidade natural, o acondicionamento deve ser feito em recipientes de plástico, vidro ou alumínio com tampa hermética, parafinada ou até selada com fita colante, identificando adequadamente cada amostra (KLEIN, 2014). As amostras só devem ser colectadas do material retirado à medida que a trincheira avance, não é permitida a amostragem por raspagem da parede. Os recipientes com as amostras devem permanecer a sombra, em um local ventilado, até ser levado ao laboratório (KLEIN, 2014).

A colecta de amostras deformadas ocorre quando existe a quebra da estrutura do solo. As amostras deformadas devem conservar todos os minerais, e também a humidade natural do solo. Entretanto não conservam a estrutura original do solo que é modificada pelo método que é extraída do solo. As retiradas dessas amostras do solo são feitas com o uso de alguns equipamentos, como trados, pás, escavadeiras manuais, talhadeiras e martelos e acondicionadas em recipientes impermeáveis que auxiliam para que a amostra não perda sua humidade (FLACH, 2016).

Amostras indeformadas

A forma geralmente utilizada para a colecta de amostras indeformadas de solo é com um cilindro ou anel volumétrico de aço inox ou alumínio, que é introduzido no solo com a necessidade da aplicação de uma pressão mecânica, geralmente por impacto, a diferentes amostradores (SANTOS *et al.*, 2013).

Desta forma, estima-se que este tipo de amostra assegure as condições do solo em campo, portanto, a falta de cuidados no momento da amostragem pode causar deformações nas amostras de solo, comprometendo a confiabilidade dos resultados (VIEIRA & AULER, 2017). As alterações na estrutura física das amostras podem ocorrer próximo das paredes do anel volumétrico ou cilindro em razão do rearranjo nas partículas de solo e da entrada do amostrador no perfil do solo por impacto, independentemente da classe textural do solo (VIEIRA & AULER, 2017).

4. RESULTADOS

Densidade do solo

As propriedades como drenagem, porosidade, condutividade hidráulica, permeabilidade ao ar e à água, capacidade de saturação, armazenamento de água e água disponível são avaliadas com base na determinação da densidade do solo, razão pela qual é de suma importância no solo, pois para a presente pesquisa verificou-se que o solo apresenta uma densidade média, a qual indica uma boa capacidade de retenção de água. Com base na equação 1 apresentada na metodologia, obteve-se $1,31 \text{ g/cm}^3$ da densidade do solo.

Textura do solo

A granulometria do solo tem papel fundamental na retenção de água no solo, por meio do efeito na estrutura do solo e conseqüentemente na distribuição, tamanho e continuidade dos poros. Desse modo, a textura foi determinada com base nas equações 2 e 3 apresentadas na metodologia, onde a fração de areia foi de 30,84% e de argila foi de 14%, que a partir da relação feita no triângulo textural afirmou-se que o solo é de textura franco-siltoso, o que indicou que o solo apresenta boa retenção de humidade.

Porosidade do solo

O conhecimento da porosidade é importante para se entender o movimento e a retenção de água, ar, solutos no solo, entre outros aspectos. Desse modo foi feita a determinação com base na equação 4 apresentada na metodologia, onde obteve-se 43% da porosidade total do solo.

Velocidade da infiltração básica

A definição das técnicas de conservação do solo, planejar e delinear sistemas de irrigação e drenagem, bem como auxiliar na composição de uma imagem mais real da retenção da água e aeração no solo, é com base nela que o conhecimento da taxa de infiltração da água é fundamental no solo.

Tabela. 3: Resultados de teste de infiltração de água no solo

Parâmetro	Ponto 1	Ponto2	Medias
A	-0,2839	-1,4344	-0,8592
K	0,5201	0,0368	0,2785
B = a	0,3532	0,8535	0,6034
I (cm)	$0,5201 * T^{-0,3532}$	$0,0368 * T^{-0,8535}$	
VI (cm/min)	$0,1837 * T^{-0,6468}$	$0,0314 * T^{-0,1465}$	
VIB (cm/h)	0,835	1,2333	1,0342

Medição da humidade

A humidade do solo é muito essencial no que concerne a tomada de decisão de quando e quanto irrigar, bem como no desenvolvimento das plantas e na sua produtividade. Dessa forma, a medição da humidade no solo em parcelas com e sem encontra-se descrita nas tabelas 4 e 5 abaixo apresentadas, onde o tratamento I representa as leituras feitas nas parcelas sem palha e os tratamentos II a V representam as leituras feitas nas parcelas com diferentes espessuras de palha.

Tabela. 4: Dados de humidade em percentagem

Data		27.07.22			06.08.22		
		Blocos			Blocos		
Tratamentos	B I	B II	B III	Tratamentos	B I	B II	B III
T I	8,4	7,6	8,2	T I	8,9	8,2	8,4
T II	10,4	11,5	9,6	T II	11,4	10,0	11,3
T III	13,1	12,2	13,4	T III	13,4	13,1	13,8
T IV	13,7	13,1	12,1	T IV	14,3	12,5	13,5
T V	14,1	14,3	13,6	T V	14,7	13,3	14,8

Tabela. 5: Dados de humidade em percentagem

Data		16.08.22			26.08.22		
		Blocos			Blocos		
Tratamentos	B I	B II	B III	Tratamentos	B I	B II	B III
T I	7,5	6,8	7,0	T I	7,4	6,5	6,4
T II	7,9	7,6	8,0	T II	8,0	7,2	8,9
T III	12,3	12,7	13,0	T III	9,6	11,7	11,5
T IV	13,4	11,4	13,2	T IV	12,8	7,8	11,2
T V	13,8	12,8	14,4	T V	13,1	8,4	12,8

Com base na metodologia apresentada que segue o delineamento experimental DBCC, a tabela 6, abaixo apresenta a média dos dados organizados em tratamentos agrupados em seus respectivos blocos. A interpretação estatística foi feita com base no pacote Minitab versão.18, tendo como resultado a tabela 7, que corresponde a Análise de Variância.

Tabela. 6: Média dos dados da humidade

Tratamentos	Blocos		
	B I	B II	B III
T I	8,1	7,3	7,5
T II	9,4	9,1	9,5
T III	12,1	12,4	12,9
T IV	13,6	11,2	12,5
T V	13,9	12,2	13,9

Tabela. 7: Análise de Variância

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	ValorP
Trat	4	71,263	17,8157	50,73	0,000
Bloco	2	2,764	1,3820	3,94	0,065
Erro	8	2,809	0,3512		
Total	14	76,836			

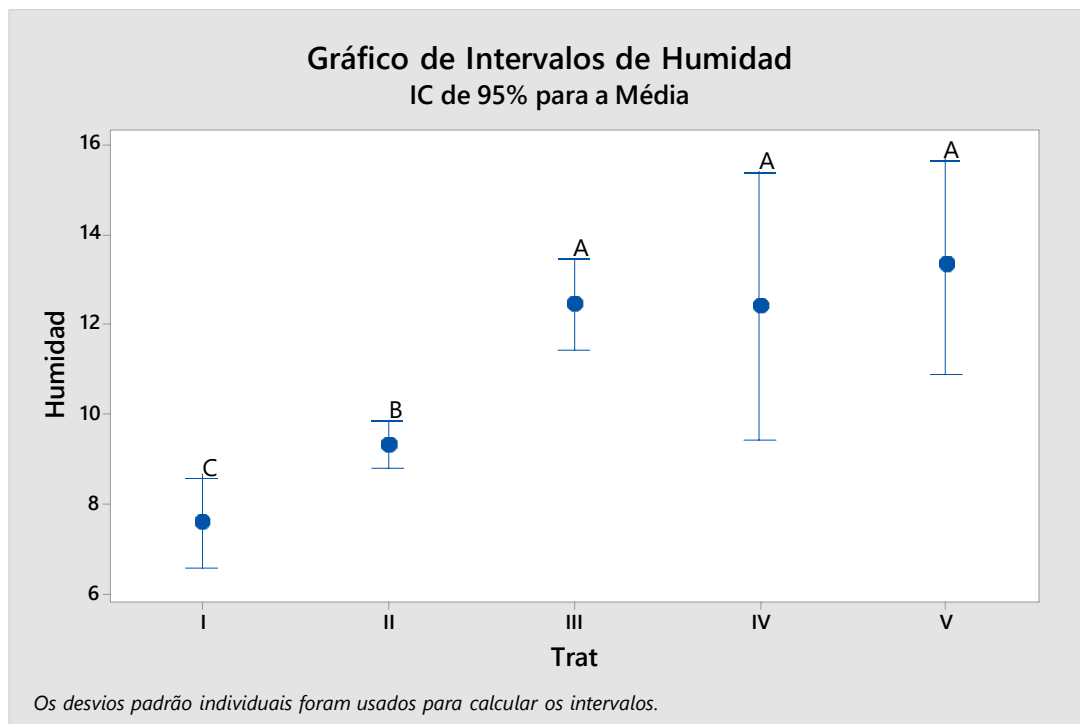


Figura.11: Gráfico de intervalos de humidade.

5. DISCUSSÃO

Densidade do solo

A densidade do solo encontrada a partir das três amostras colectadas pelo método do anel volumétrico no experimento foi de 1,31 g/cm³. De acordo com EMBRAPA (2019), o valor obtido na determinação da densidade do solo encontra-se dentro dos limites da textura média, ou seja, densidade do solo média, correspondente a uma boa capacidade de retenção de água. Esse valor, assemelha-se com a densidade do solo estudado por Pereira *et al.*, (2017), onde concluiu que densidades de textura média apresentam boa capacidade de retenção de água. Carvalho (2017), diz que os solos de textura média em condição natural com vegetação, possuem densidade de aproximadamente 1,35 g/cm³. Diante deste contexto, o solo estudado neste trabalho possui uma boa capacidade de retenção de água.

Textura

A análise granulométrica foi realizada com a finalidade de caracterizar o solo local e conforme os resultados obtidos (argila 14%, areia 30,84% e silte 55, 16 %) pode-se compreender que são solos com classes texturais franco-siltosas, de acordo com análise efectuada com base no triângulo textural. Portanto, justificando o comportamento diferenciado frente a propriedades físicas como a capacidade de retenção de água. Neste contexto, Pereira *et al.*, (2017), diz que os solos de textura média ou franca (silte), apresentam boa drenagem, boa capacidade de retenção de água e índice médio de erodibilidade. Também, favorecem a capilaridade, conforme destaca SOUSA *et al.*, (2020), bem como perdem água por evaporação nas camadas mais superficiais do horizonte A durante os períodos de estiagem, principalmente quando a cobertura vegetal é pouco eficiente. Esses solos apresentam maior número de macroporos que facilita a percolação da água durante os períodos chuvosos, mas ao mesmo tempo apresentam teores de silte mais elevados, favorecendo o movimento capilar durante os períodos de estiagem. Uma vez que a força capilar é definida pelo tamanho dos poros do solo, a fracção silte se coloca como intermediária nesse processo.

Humidade

Com base nos resultados obtidos sobre a humidade do solo, pode se observar que houve variação em cada tratamento ou bloco. Esses resultados demonstraram que as parcelas com cobertura (5 a 10 cm de espessura, recomendada por SIA, 2013) apresentaram alta humidade do solo quando comparados com parcelas sem cobertura e outras com cobertura abaixo de 5 cm de espessura. A tabela 7 mostra que houve variação da humidade entre os tratamentos. Por esta razão, pode se afirmar que se aceita a hipótese alternativa que diz que pelo menos um dos

tratamentos apresentou maior volume da água no solo e se nega a hipótese nula que diz que em todos os tratamentos houve mesmo volume retido de água no solo. O gráfico apresentado na figura 10, mostra que a retenção da água no solo foi alta nos tratamentos III, IV e V, e nos tratamentos I e II houve baixa retenção. Estes resultados são similares a dos obtidos por BUENO, *et al.*, (2020) que demonstraram que o solo com cobertura vegetal apresentou maiores teores de humidade do solo e maiores médias de variáveis de desempenho produtivo de hortaliças quando comparado com solos descobertos nas duas condições de cultivo. De acordo com LUCAS (2019), pode-se observar que na condição de cultivo no interior do SAFs (sistemas agro-florestais) os teores de humidade do solo foram menores no solo descoberto quando comparado ao solo com cobertura ao longo de todo o experimento. Este resultado demonstra a influência da cobertura do solo na maior retenção de humidade do solo. Quanto a região similar a do presente estudo, LUIS (2019) diz que a cobertura morta no alho é de grande importância para a região do semiárido, pois permite controlo de humidade no solo, através da redução de evaporação da água, aumenta o intervalo de irrigações, contribuindo na economia de água, reduz a temperatura do solo para níveis inferiores à temperatura do ar, evita flutuações térmicas acentuadas no solo, além de contribuir na erradicação de plantas daninhas, permitindo melhor desempenho da cultura. Os autores ainda afirmam que o preparo conservacionista, utilizando cobertura com as plantas ou seus resíduos, determina maior conteúdo de água no solo devido à maior retenção e menor evaporação.

Infiltração

Com base nos resultados obtidos sobre VIB, ressaltou-se 1,03 cm/h como resultado obtido na sua determinação. ALMEIDA *et al.* (2020) afirma que quando a VIB se encontra intervalos de 0,5 a 1,5 cm/h é definida com média, a qual é considerada ótima para a retenção de água no solo. RODRIGUES *et al.*, (2011) obtiveram valores de taxa de infiltração estável média de 61,3 mm/h em solo desprovido de cobertura vegetal e 76,3 mm/h em solo com cobertura morta. Isso evidencia a importante função desempenhada pela cobertura vegetal no favorecimento da elevação da taxa de infiltração de água no solo. Portanto, com base nos valores obtidos nas parcelas com cobertura, houve aumento da taxa de infiltração o que evidenciou na retenção da água no solo.

Porosidade

A porosidade do solo encontrada a partir das três amostras colectadas pelo método do anel volumétrico no experimento foi de 43%, que considera-se determinação da porosidade pelo método indirecto, a qual encontra-se nos limites médios segundo (SOUZA, 2019). Para BUENO (2020), um solo de porosidade média apresenta aproximadamente 50% do volume

ocupado por poros e deste espaço poroso, metade é ocupada por ar e metade por água, porém, porosidade total possui grande variação entre solos pelas mesmas razões que a densidade. Para SANTOS (2016), o solo ideal na capacidade de retenção e disponibilização de água às plantas teria a proporção de 1/3 de macroporos e 2/3 de microporos, com 50% de poros totais, bem como quando o solo apresentar porosidade aproximadamente a 50%.

6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos na determinação dos parâmetros físicos do solo, concluiu-se que todos apresentaram resultados que caracterizam solos de textura média, onde a densidade do solo foi 1,31 g/cm³, a porosidade total foi 43%, a textura solo foi franco-siltosa (silte 55.16%, argila 14% e areia 30,84%), e a VIB foi 1,03 cm/h.

Após a pesquisa, constatou-se que os solos de textura média (silte) apresentam boa capacidade de retenção e disponibilidade de água para às plantas. Apesar disso, os solos deste tipo perdem água por evaporação nas camadas mais superficiais do horizonte A durante os períodos de estiagem, principalmente quando a cobertura vegetal é pouco eficiente. Com isso, a partir das diferentes espessuras utilizadas no experimento do presente estudo, obteve-se resultados (7,63%; 9,33%;12, 43%; 12,47%; 13,33%), que com base neles observou-se que houve boa retenção de humidade nos solos de Macaretane, distrito de Chókwè no leito do rio Limpopo nas camadas acima apontadas fundamentalmente quando aplicada uma espessura de 10 cm de palha, ao comparar com as parcelas descobertas e as que estavam cobertas com uma espessura abaixo de 5 cm.

7. RECOMENDAÇÕES

De acordo com análises feitas, recomenda-se que:

- ✚ Para o uso da cobertura do solo com a palha na retenção da humidade no solo, seja aplicada uma espessura de 5 a 10 cm para evitar que haja produção de pragas no campo agrícola;
- ✚ No caso de falta de palha como de milho, arroz, amendoim, pode-se usar a palha local;
- ✚ Seja aplicada a palha no solo durante todo ciclo de vida da cultura para garantir humidade no solo, bem como a matéria orgânica após a sua decomposição;
- ✚ A técnica de adição de palha praticada em regiões semiáridas devido a alta taxa de evaporação de água no solo causada pela alta temperatura que é caracterizada pelas condições climáticas da região, bem como em regiões que não são semiáridas, mas onde os solos predominantes são de textura arenosa, para assegurar a capacidade de retenção de água no solo para as plantas;
- ✚ Seja feita também para garantir que a demanda da água usada na rega passa a ser reduzida de modo a irrigar mais áreas ou para uso de outros fins, ou ainda pra saber quando e quanto irrigar porque a maior percentagem da água doce no País é utilizada para agricultura;
- ✚ Outros estudantes que tenham um interesse similar desenvolvam mais tecnologias sobre a retenção de água no solo para as plantas porque toda agricultura apenas poderá ser eficiente e garantir um bom rendimento, após feitos estudos edafoclimáticos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA, Sérgio, ATLAS IRRIGAÇÃO Uso da Água na Agricultura Irrigada, 2020, artigo disponível em <http://dspace.agencia.gov.br:8080/conhecerhana/2200>, visitada aos 09/02/2022, pelas 08h20.

Almeida Júnior, M. C. D. de, Castro, P. A. L. de, & Santos, G. O. (2020). Taxa de infiltração de água no solo em diferentes usos do solo. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v8n2.almeida>.

ALMEIDA, C.C.S.; PISCOYA, V.C.; BARRETO, T.N.A.; NETO, F.C.R., Capacidade de Infiltração em Neossolo Flúvico e Cambissolo Háplico no Semiárido Pernambucano. *Revista de Geografia (Recife)* V. 37, No. 2, 2020.

BRUNING, J.; ROBAINA, A.D.; PEITER, M.X.; BOSCAINI, R.; CONCEIÇÃO, C.G.; GOLLO, E.A., Estimativa da Curva de Retenção de Água no Solo por Função de Pedotransferência, 2019.

BALOTA, E. L. Manejo e qualidade biológica do solo. Londrina: Mecenias, 2017. 288 p.
COLEMAN, D. C. Soil biota, soil systems, and processes. *Encyclopedia of Biodiversity*, 2001.

BUENO, E. A; OLIVEIRA, L. V. F; PASSOS, E. F. F; MORICONI, W; QUEIROGA, J. L; Influência da Cobertura do Solo na Retenção de Umidade e Produtividade Olerícola Agroflorestas, 2020.

Cavalli, et al, mestrado em Agronomia: Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT):Professor do Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, 2013.

CORTESE, Diaine. *Resistência de Genótipos de Milho a Densidades de SitophilusZeamais (Coleoptera: Curculionidae)*.Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias, 2020.

CARVALHO, J.P; PRADO, H. - Pedologia Fácil _ Enquete # 22 - Densidade do solo, porosidade e água disponível. Publicado em 2016.<<http://www.pedologiafacil.com.br/enquetes/enq22.php>>Acesso em: 12 de Abril de 2017.

CUNHA, Lucas Santana. Delineamento Em Blocos Casualizados, <http://www.uel.br/pessoal/lscunha>. Universidade Estadual de Londrina, 2018.

CENTENO, L. N.; GUEVARA, M. D. F.; CECCONELLO, S. T.; SOUSA, R. O. D.; TIMM, L. C. Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade. v.4, n.1, p. 31-37, jul. 2017;

CUNHA, Lucas Santana, 2018. *Delineamento Inteiramente Casualizado*. <http://www.uel.br/pessoal/lscunha>.

EMBRAPA, Percolação de água em camada sub superficial do solo submetido a diferentes sistemas de preparo, 2019.

GONÇALVES, A.D.M.; LIBARDI, P.L. 2013. Análise da determinação da condutividade hidráulica do solo pelo Método do Perfil Instantâneo. Revista Brasileira de Ciências do Solo, 37(5): 1174-1184. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000500007>.

GRIGOLON. G. B. Curva de retenção de água no solo determinada a partir de um número mínimo 277-283 de pares de umidade e tensão na câmara de Richards, 2013.

IBEIRO, Lidiane da Silva. Estudo da Distribuição Dimensional de Poros e da Condutividade Hidráulica de Solos Arenosos Compactados Tratados Com Cal e Cimento. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2016.

JERSZURKI, D.; SOUZA, J.L.M.; ADAMUCHIO, J.G., Funções de Estimativa do Armazenamento de Água no Solo sob Diferentes Níveis de Capacidade de Água Disponível, Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol 13, No 3, 2018.

KLEIN, V. A. Física do solo. 3º edição, Universidade de Passo Fundo, 2014.

LNEC E 197 -1966. 1967.Solos -Ensaio de compactação. s.l., Portugal: MO P-LABORATORIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL-PORTUGAL, Junho de 1967.

LNEC E 198 . 1967.Solos Determinação do CBR. s.l., Portugal: M O P-LABORATORIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL-PORTUGAL, Outubro de 1967.

LNEC E 233 -1969. 1970.Agregados -Análise granulométrica. s.l., Portugal: MO P-LABORATORIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL-PORTUGAL, Outubro de 1970.

LNEC E 235-1969. 1970.Agregados-Determinação da quantidade de material que passa no peneiro de 0,074 mm (No 200) ASTM. Lisboa, PORTUGAL: M O P -

LABORATORIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL-PORTUGAL, Novembro de 1970.LNEC E, 240 -1970.Classificação para fins Rodoviários. s.l.: ASTM.

LOBATO, Márcio Godofrêdo Rocha, Estimativa da Capacidade de Campo em Solos por Critérios Estáticos e Dinâmicos,2019. 58f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2018.

LUCAS, Francisco Romario de Oliveira; Validação do Método Speedy para Determinação da Umidade de Diferentes Tipos de Solos, 2019.

LUIS, Márcio Avelino Sinoia; Uso de Palha de Carnaubeira como Cobertura Morta em Cultivares de Alho Precoce nas Condições do Semiárido Tropical, 2019.

MATOS, R. M.; NETO, J. D., LIMA, A. S.; SILVA, P. F.; BORGES, V. E.; SOBRINHO, T. G. Teor de umidade por diferentes métodos em neossolo do semiárido brasileiro. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 11, n. 4, p. 1588, 2017.

MARTINS, Weverton Walter Teodoro. Análise do Desempenho de Pedofunções para Determinação da Capacidade de Campo. Anápolis-go. 2019. Centro Universitário De Anápolis – UniEvangélica Curso De Agronomia.

MAGALHÃES, A.C.M. Adubação orgânica com base na taxa de mineralização de nutrientes do composto orgânico, Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), 2018.

MENEZES S. M.; SILVA C. B; SIVA J. C.; SANTOS L. W.; BARROS A. C. - Estimativa da humidade na capacidade de campo de um latossolo amarelo – vermelho “insitu” e em vasos. XXV CONIRD – Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. 08 a 13 de novembro de 2015, UFS - São Cristóvão/SE.

NIKKEL, Marcio; LIMA, Saulo de Oliveira, Análise Espacial da Textura do Solo em Área Irrigada no Centro-Norte do Brasil, Saulo de Oliveira.Revista Engenharia na Agricultura; Viosa Vol. 27, Iss. 4,2019.

PEREIRA, R. M; GUIDINELLE, R. B; FERRAZ, D. R; ULISSES, A. F; FONSECA, R. S; SILVA, M. V. S; MARTINELLI, L; VIEIRA, G. H. S; Determinação da Capacidade de Campo por Método “InSitu” e Determinação da Densidade do Solo, Visando Melhorias no Manejo de Irrigação no Ifes – Campus de Alegre, 2017.

OLIVEIRA, Carina, A importância do manejo sustentável da água na agricultura, 2021, artigo disponível em <https://agrosmart.com.br/blog/a-importancia-do-manejo-sustentavel-da-agua-na-agricultura/>, visitada aos 11/02/2022, pelas 12h30;

REGET, Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo, 2236 1170 - V. 19, n. 1, jan.- abr. 2015.

RIBEIRO, C.M.; PESSOA, F.C.L.; COSTA, C.E.A.S.; JEUS, D.M.; SALES, R.N.M.; Determinação da Velocidade de Infiltração pelo Método do Infiltrómetro de Anel em Solo da Região Amazônica, artigo publicado em 2019, disponível em <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2019a/agrar/determinacao%20da%20velocidade.pdf>, consultado aos 10/02/2022.

RODRIGUES, D. V. B; OLIVEIRA, P. T. S; SOBRINHO, T. A; BERTOL, I; PANACHAUKI, E; Perdas de Solo e de Água e Infiltração de Água em Latossolo Vermelho Sob Sistemas de Manejo, 2011.

RIBEIRO, K. M.; CASTRO, M. D. C.; RIBEIRO, K. D.; LIMA, P. L. T.; ABREU, L. H. P.; BARROS, K. L. C. Estudo comparativo do método padrão da estufa e do método Speedy na determinação do teor de água no solo. Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas, v. 12, n. 1, p. 18-28, 2018.

ROSA, DanimarDalla et al. Enraizamento de estacas de platanus (*Platanus acerifolia* (Aiton) Willd.) no Marechal Cândido Rondon - PR: influência da lesão na base da estaca e da profundidade de plantio. Acta Agron. [online]. 2018, vol.67, n.1, ISSN 0120-2812. <https://doi.org/10.15446/acag.v67n1.57429>.

RIBEIRO, K. A.; PADOVAN, M. P.; FEIDEN, A., Avaliação da estrutura de solos sob sistemas agroflorestaisbiodiversos na Região Oeste do Paraná, Universidade Estadual do Oeste do Paraná; Revista GeoPantanal, 2019.

ROCHA, R.E.; GASTMANS, D.; SACCHI, M.D.; OLIVEIRA, M.D., Variações Espaciais na Condutividade Hidráulica do Solo em Área de Recarga do Sistema Aquífero Guarani. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, 40 (2), 35-51, 2019.

SANTOS, J. N.; PEREIRA, E. D. Carta de susceptibilidade a infiltração da água no solo na sub-bacia do rio Maracanã-MA. Cadernos de Pesquisa, São Luís, 2013.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5.ed., rev.eampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SOUSA, F. A.; ASSUNCAO, H. F.; Capacidade de Armazenamento de Água no Solo (CAD) e Características Físicas dos Solos na Avaliação da Distribuição da Água das Chuvas na Alta Bacia do Ribeirão Santo Antônio. 2020, <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>.

SANTOS, Ana Paula Guimarães; Manutenção da Palha em Superfície e seu Efeito nos Atributos do Solo e na Produtividade do Canavial, 2016. Campinhas.

SIA, *Técnicas Adequadas de Cobertura Morta*, 2013. Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, ISA P.O. Box 3129, Champaign, IL 61826-3129, EUA.

SANTA MARIA, comportamento de água no solo determinada por métodos expeditos, RS, Brasil, 2013.

SOUZA, T.L.; SIGNOR, D.; CAMPOS, F.S.; RODRIGUES, C.T.A., Frações Físicas de Matéria Orgânica em Solo Cultivado com Palma Forrageira sob Diferentes Quantidades de Palhada de Capim-buffel. Engenheira-agrônoma, D. Sc. em Ciência do Solo, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE. 2018.

SOUZA, Gabriel Ferreira da Silva, Comportamento Compreensivo e Morfometria do Poros de Solos com Textura e Estrutura contrastantes. Universidade de São Paulo – Engenheira Agrônoma, 2019.

SULEIMAN, Rashid et al. Is flint corn naturally resistant to Sitophilus zeamais infestation? *Journal of Stored Products Research*, v. 60, p. 19–24, 2015.

SILVA, P.L.F.; OLIVEIRA, F.P.; PEREIRA, W.E.; MARTINS, A.F.; FRANCISCO, P.R.M., Retenção de Água e Distribuição de Poros em Solo sob Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC Goiânia/GO – Brasil, 2020.

Silva, É. A.; Benevenuto, P. A. N.; Melo, L. B. B. Qualidade física de um Latossolo estimada por estudos de curvas de retenção de água, indicadores de fácil determinação e índice S. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, v. 11, n. 4, p. 49-54, 2017.

SANTOS, H. G. et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.;

OLIVEIRA, J. B., Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 5. ed. rev. e ampl, Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, A.L.; NETO, J.P.S.; NUNES, H.B.; NASCIMENTO, R.R.; Caracterização morfológica e física de solo de uma área com Murundus no oeste da Bahia.pdf, 2020, artigo disponível em <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/20000/16436>, consultado aos 23/01/2022.

SEQUEIRA, Sara Victoria Moreira; Ajustes de Curvas de Retenção de Água para Amostras Indeformadas e Deformadas em Diferentes Texturas de Solo, 2018.

SILVA, L. I.; CAMPOS, M. C. C.; WADT, P. G. S.; CUNHA, J. M.; OLIVEIRA, I. A.; FREITAS, L.; SANTOS, E. A. N.; BRITO FILHO, E. G., Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico sob diferentes manejos e métodos, Revista do Departamento de Geografia. Universidade de São Paulo, v. 40, 2020.

SILVA, L. M.; COSTA, R. de K.; ALMEIDA, A. S.; OLIVEIRA, C. H. A.; ARAÚJO, E. A.; TAVARES, O. C. H.; PEREIRA, M. G.; SANTOS, O. A. Q, Avaliação de métodos de determinação da densidade de solo em amostras com diferentes atividades da fração argila coletadas no município de Rio Branco, estado do Acre, 2020. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2020.

SOUSA, Flávio Alves, Uma Análise de Correlação em Três Classes de Latossolos na Alta Bacia do Ribeirão Santo Antônio, 2020. <https://doi.org/10.31668/mirante.v15i1.12795>.

SOUSA, F. A de; RODRIGUES, S. C. Estimativa de recarga do lençol freático em solos sobre granito e gabros alcalinos na alta bacia do rio dos Bois em Iporá-GO. *Ambiência*. V.10 n.2, Maio/Agosto. Guarapuava-PR, 2014.

TIXEIRA, P.C; DONAGEMMA, G.K; FONTANA, A; TEIXEIRA, W.G; *Manual de Métodos de Análise de Solo*, Embrapa, 2017.

URSHEV, Lubomir; YORDANOV, Hristomir; KUMANOV, Vasil; KUMANOV, Nickola; VICHEV, Boris, Técnicas de Calibração para Medidores de Humidade de Microondas, Faculdade de Telecomunicações, Universidade Técnica de Sofia 8 Kliment, 2016.

VIEIRA, Márcio Luis; AULER, André Carlos. *Coleta de Amostras Indeformadas de Solo: Avaliação e Proposta de Equipamento*. *Unoesc& Ciência - ACET Joaçaba*, v. 8, n. 1, p. 41-44, jan./jun. 2017.

9. ANEXOS

Tabela. 8: Intervalos da densidade e porosidade em cada textura de solo.

Classe Textural	Densidade aparente (g/cm ³)	Porosidade (%)
Argila	1,00 – 1,25	61,5 – 52,8
Médio	1,25 – 1,40	52,8 – 47,2
Areia	1,40 – 1,80	47,2 – 32,1

Fonte: EMBRAPA (2019).

Tabela 9: Cálculos da programação de rega

Dados	NAR = ETc – Pef	$D_{gross} = \frac{D_{net}}{Ef}$	IR _{aj} = 5 dias
D = 50%	NAR = 4,41 – 0.3	$D_{gross} = \frac{72,5}{0,9}$	Dnet _{aj} = NAR x IR _{aj}
P = 0,5 cm	NAR = 4,11 mm/dia	$D_{gross} = 80,6 \text{ mm}$	Dnet _{aj} = 4,11 x 5
Ef = 90%	Dnet = (CC-PMP) x P x D	$IR = \frac{D_{net}}{NAR}$	Dnet _{aj} = 20,6 mm
AD(CC-PMP) = 290 mm	Dnet = 290 x 0,5 x 0,5	$IR = \frac{72,5}{4,11}$	20,6 L _____ 1 m ² X _____ 3 m ² X = 63 L
	Dnet = 72,5 mm	$IR = 17,63 \text{ dias}$ ≅ 18 dias	



Figura 12: Representa da esquerda para direita água sendo destilada, a pesagem de solo para análise granulométrica, ermmeyrs contendo amostra do solo antes da agitação.



Figura 13: Da esquerda para direita estão representadas uma proveta contendo amostra após a agitação e o peneiro 0.053mm sobre um funil a separar-se areia do silte e argila; provetas contendo amostras após a separação da reia do silte e argila para o efeito da pipetagem a serem colocadas nos cadinhos que estão de lado de cada proveta e por fim temos o efeito da pipetagem da proveta para o cadinho.



Figura 14: Representa um sensor de humidade utilizado nas leituras da humidade no campo e o respectivo campo onde foi executado o experimento.



Figura 15: Da esquerda para direita representa como foram extraídas as amostras para a determinação da densidade do solo e a porosidade total, e o equipamento no qual foram transportadas as amostras de campo para o laboratório.



Figura 16: Representa amostras a serem saturadas para a determinação da porosidade e a balança utilizada para mensurar as amostras.



Figura 17: Representa de esquerda para direita a extracção das amostras para determinação da granulometria, amostras colocadas no balde e protegidas com saco plástico para o laboratório e por fim temos solo secando a temperatura ambiente após feita a mistura.

