



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

ESCOLA SUPERIOR DE DESENVOLVIMENTO RURAL

DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO AGRÁRIA

Caracterização do Solo do Campo Experimental da ESUDER, Pambarra II

Licenciatura em Produção Agrícola

Autor:

Fabião Afonso Manjate

Vilankulo, Junho de 2016

Fabião Afonso Manjate

Caracterização do Solo do Campo Experimental da ESUDER, Pambarra II

Trabalho de Culminação do Curso apresentado ao Departamento de Produção Agrária da Escola Superior de Desenvolvimento Rural – Universidade Eduardo Mondlane para a obtenção do grau de Licenciatura em Produção Agrícola.

Supervisor:

Prof. Dr. Peter Vine

UEM - ESUDER

Vilankulo

2016

DECLARAÇÃO

Declaro que este trabalho é da minha autoria e resultado da minha investigação pessoal, estando indicados no texto e na bibliografia as fontes utilizadas. Esta é a primeira vez que o submeto para obter o grau de licenciatura, nesta instituição pública de ensino superior.

Vilankulo, 02 de Junho de 2016

(Fabião Afonso Manjate)

Aprovação do Júri

Este trabalho foi aprovado no dia 27 de Maio de 2016 por nós, membros do júri examinador da Escola Superior de Desenvolvimento Rural da Universidade Eduardo Mondlane, com a nota de **15 Valores**.

(Eng. Sacire Viaje – Presidente do Júri)

(Eng. Paulo Dimande – Arguente)

(Prof. Dr. Peter Vine – Supervisor)

DEDICATÓRIA

Dedico...

A minha mãe, pelos conselhos, amor, carinho e por estar sempre presente;

As minhas irmãs pela amizade, carinho e voto de confiança.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela saúde, oportunidade, força e protecção que foram tão essenciais nesta trajectória.

Agradeço também a minha mãe, Raquel Samuel por todo o esforço e apoio em todos os momentos, e a todos os professores que contribuíram para a minha formação, em especial, o Prof. Doutor. Peter Vine, pela orientação que tornou possível a conclusão deste trabalho.

Aos colegas de Licenciatura em Produção Agrícola e colegas da ESUDER, em especial, o Chichembe, Sabito, Alho, Chilengue, Cossa, Manguze, Munhequete, Monjane, Chivale, Cunica, Matano e Ngungulo, pelo companheirismo e pela partilha de aflições e alegrias ao longo da formação.

A todos, o meu recalcado muito obrigado.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.

| | |
|----------------------------|---|
| % | Porcentagem |
| ρ_s | Densidade seca do solo |
| AD | Água disponível |
| CaCl₂ | Cloreto de cálcio |
| CC | Capacidade de campo de reter água |
| CE_e | Condutividade eléctrica do extracto do solo saturado |
| Cm | Centímetro |
| ESUDER | Escola Superior de Desenvolvimento Rural |
| F | Força |
| G | Gramma |
| INE | Instituto Nacional de Estatística |
| INIA | Instituto Nacional de Investigação Agronómica de Moçambique |
| Kg | Quilograma |
| K_s | Condutividade hidráulica do solo saturado |
| M | Massa |
| MAE | Ministério da Administração Estatal |
| Mm | Milímetro |
| MPa | Mega pascal |
| mS/cm | Milisiemens por centímetro. |
| n° | Número |
| P | Porosidade |
| pH | Potencial de hidrogénio |

| | |
|-----------------------------|--|
| <i>PMP</i> | Ponto de murcha permanente |
| <i>R_p</i> | Resistência penetrométrica |
| USDA | United States Department of Agriculture. |
| UTM | Universal Transverse Mercator |
| <i>VIB</i> | Velocidade de infiltração básica da água no solo |
| \bar{X} | Média |

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Lista de Tabelas

| | |
|---|----|
| Figura 1: Mapa de satélite da localidade de Pambarra II | 17 |
| Figura 2: Perfil representativo do solo do campo experimental da ESUDER, Pambarra II com uma fita de 2 m de comprimento. | 35 |
| Figura 3: Gráfico de velocidade de infiltração básica (<i>VIB</i>) | 41 |
| Figura 4: Gráfico da resistência penetrométrica do solo à capacidade de campo (MPa) | 42 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Coordenadas dos pontos que delimitam a área..... | 18 |
| Tabela 2: pH do solo medido com 0.01 M CaCl ₂ nos pontos externos e internos da área..... | 34 |
| Tabela 3: Descrição do limite de camadas (nitidez e topografia) e cor ao longo do perfil do solo. | 36 |
| Tabela 4: Descrição da textura, estrutura e consistência ao longo do perfil do solo..... | 37 |
| Tabela 5: Coordenadas dos pontos que delimitam a área..... | 18 |
| Tabela 6: pH do solo medido com 0.01 M CaCl ₂ nos pontos externos e internos da área..... | 34 |
| Tabela 7: Descrição do limite de camadas (nitidez e topografia) e cor ao longo do perfil do solo. | 36 |
| Tabela 8: Descrição da textura, estrutura e consistência ao longo do perfil do solo..... | 37 |
| Tabela 9: Descrição dos poros e raízes ao longo do perfil do solo. | 38 |
| Tabela 10: Densidade do solo ao longo do perfil (Vide Apêndice 6) | 39 |
| Tabela 11: Porosidade do solo ao longo do perfil | 40 |
| Tabela 12: Capacidade de campo do solo (Vide Apêndice 9)..... | 43 |
| Tabela 13: Ponto de murcha permanente do solo (Vide Apêndice 10)..... | 44 |

| | |
|--|----|
| Tabela 14: Água disponível no solo (Vide Apêndice 11) | 45 |
| Tabela 15: Condutividade hidráulica do solo saturado nas profundidades (0 – 30) e (30 – 90) cm (Vide Apêndice 12 e 13)..... | 46 |
| Tabela 16: pH do solo (Potencial de Hidrogénio) com água destilada (H ₂ O) e 0.01 M cloreto de cálcio (CaCl ₂). Vide Apêndice 14..... | 47 |
| Tabela 17: Condutividade eléctrica do extracto saturado (salinidade). Vide Apêndice 15..... | 48 |

LISTA DE APÊNDICES E ANEXOS

Lista de Apêndices

| | |
|---|------|
| Apêndice 1: Conversão das coordenadas em modelo – SPGC Inhambane para Geographic/UTM Coordinate Converter | I |
| Apêndice 3: Laboratório de humidade | II |
| Apêndice 4: Instrumento para medição da condutividade hidráulica do solo saturado (<i>Instrumento de Vine</i>) | III |
| Apêndice 5: Descrição da cor usando scan do livro de cores padrão comparados ao livro de cores padrão | III |
| Apêndice 6: Valores da densidade do solo ao longo do perfil | IV |
| Apêndice 7: Valores da taxa de infiltração da água no solo | V |
| Apêndice 8: Valores da resistência penetrométrica do solo à capacidade de campo | VI |
| Apêndice 9: Valores de capacidade de campo (%) por massa | VII |
| Apêndice 10: Valores de ponto de murcha permanente (%) por massa | IX |
| Apêndice 11: Valores da água disponível no solo | XI |
| Apêndice 12: Valores de tempo para condutividade hidráulica do solo saturado na profundidade de 0 – 30 e 30 – 90 cm. | XIII |
| Apêndice 13: Gráfico da condutividade hidráulica do solo saturado nas profundidades 0 – 30 (a) e 30 – 90 cm (b) | XIV |
| Apêndice 14: pH do solo com água destilada (H ₂ O) e 0.01M cloreto de cálcio (CaCl ₂) | XVI |
| Apêndice 15: Valores da condutividade eléctrica da suspensão 1: 5 (solo: H ₂ O) | XVII |

Lista de Anexos

| | |
|---|-------|
| Anexo 1: Carta de solos da província de Inhambane e sua legenda | XVIII |
|---|-------|

RESUMO

O presente relatório resulta de uma pesquisa realizada no campo experimental da ESUDER, Pambara II. Tem como objectivo geral caracterizar o solo, foi desenvolvida ao longo do perfil representativo do solo de 2 m de comprimento, 2 m altura e 1 m de largura, no qual foram descritos alguns parâmetros morfológicos com o auxílio do Manual de Descrição e Colecta do Solo do INIA (1995). O solo apresenta cinco camadas com um limite da linha de separação entre elas, de nítido a difuso e uma topografia do limite plana. O solo apresenta uma textura franca, variando de areno – franca a franco – arenosa, com uma coloração castanho avermelhado muito escuro na superficial, mudando a tonalidade para vermelho à medida que a profundidade aumenta. Possui uma estrutura do tipo grumoso a anisoforme anguloso, com uma classe de tamanho muito fino e grau simples a fraco. A consistência quanto à dureza apresenta uma grande variação com a profundidade de solta a dura. O solo apresenta ainda na face do perfil poucos poros médios e finos e poucas raízes médias, grosseiras e muito finas devido à existência de uma vegetação arbustiva. A densidade do solo varia de 1.35 a 1.61 Mg/m³ verificando uma tendência de aumentar com a profundidade e uma diminuição na porosidade de 49.2 a 39.4 %. O solo apresenta uma velocidade de infiltração básica muito rápida e condutividade hidráulica do solo saturado que varia de rápida a muito rápida. A resistência à penetração no solo é moderadamente baixa que permite um bom desenvolvimento do sistema radicular. O limite máximo (*CC*) e mínimo (*PMP*) de água no solo varia de 6.8 a 9.3 % e de 2.7 a 3.7 % por massa, respectivamente, influenciando a disponibilidade de água no solo que vai variando de 5.5 a 8.9 mm água/100 mm solo ao longo do perfil. O solo apresenta teor de sais muito abaixo do nível de salinidade considerado crítico para o desenvolvimento das plantas. O pH do solo usando água destilada (1:2.5) varia de 5.34 a 8.34 apresentando propriedades pouco alcalinas, excepto nas profundidades de 100 – 120; ... 180 – 200 cm da experiência (III) que são muito ácidas. Usando 0.01 M CaCl₂ o pH do solo varia 4.64 a 7.32 apresentando propriedades pouco ácidas na profundidade de 0 – 20 cm e muito ácidas nas profundidades de 100 – 120; ... 180 – 200 cm da experiência (III). Nos pontos que delimitam a área o pH do solo usando 0.01 M CaCl₂ varia de 5.57 a 7.02 na profundidade de 0 – 15 cm e na profundidade 15 – 30 cm varia de 5.2 a 7.10. O solo em análise é uniforme, pois os valores do pH não apresentam diferença significativa tanto no perfil assim como nos pontos que delimitam da área.

Palavras-chave: *Solo, propriedades físicas e químicas.*

ÍNDICE

| Conteúdo | Páginas |
|---|----------------|
| I. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1. Problema..... | 2 |
| 1.2. Justificativa..... | 2 |
| 1.3. Objectivos..... | 3 |
| 1.3.1. Geral | 3 |
| 1.3.2. Específicos..... | 3 |
| II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 4 |
| 2.1. Solo e sua constituição | 4 |
| 2.2. Morfologia do solo | 4 |
| 2.2.1. Limite (transição) entre camadas ou horizontes | 5 |
| 2.2.2. Cor do solo | 5 |
| 2.2.3. Textura do solo | 6 |
| 2.2.4. Estrutura do solo..... | 6 |
| 2.2.5. Consistência do solo | 6 |
| 2.3. Propriedades físicas do solo | 7 |
| 2.3.1. Densidade do solo..... | 7 |
| 2.3.2. Porosidade do solo..... | 8 |
| 2.3.3. Taxa de infiltração da água no solo | 9 |
| 2.3.3.1. Factores que intervém na taxa de infiltração no solo | 9 |

| | |
|---|----|
| 2.3.4. Resistência do solo à penetração | 10 |
| 2.3.5. Capacidade de campo | 11 |
| 2.3.6. Ponto de murcha permanente | 11 |
| 2.3.7. Disponibilidade de água no solo..... | 12 |
| 2.3.8. Condutividade hidráulica do solo saturado | 12 |
| 2.4. Propriedades químicas do solo | 13 |
| 2.4.1. Potencial de hidrogénio (pH) do solo | 14 |
| 2.4.2. Salinidade do solo..... | 14 |
| III. METODOLOGIA..... | 16 |
| 3.1. Descrição da área de estudo..... | 16 |
| 3.1.1. Clima | 16 |
| 3.1.2. Solos | 16 |
| 3.1.3. Relevo..... | 16 |
| 3.1.4. Representação e localização da área de estudo | 17 |
| 3.2. Colecta e análise de dados | 17 |
| 3.3. Análise das propriedades física do solo..... | 18 |
| 3.3.1. Limite entre camadas ao longo do perfil do solo..... | 18 |
| 3.3.2. Topografia do limite | 19 |
| 3.3.3. Nitidez do limite | 19 |
| 3.3.4. Textura do solo | 19 |
| 3.3.5. Estrutura do solo..... | 21 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3.6. Consistência do solo | 21 |
| 3.3.8. Cor do solo | 22 |
| 3.3.9. Densidade do solo..... | 22 |
| 3.3.12. Resistência penetrométrica do solo à capacidade de campo | 24 |
| 3.3.13. Capacidade de campo no solo | 25 |
| 3.3.14. Ponto de murcha permanente | 26 |
| 3.3.16. Disponibilidade de água no solo..... | 28 |
| 3.3.17. Condutividade hidráulica do solo saturado | 28 |
| 3.4. Análise química do solo | 29 |
| 3.4.1. Salinidade do solo..... | 30 |
| 3.4.2. pH do solo..... | 31 |
| 3.5. Análise biológica do solo | 32 |
| IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 33 |
| 4.1. Uniformidade do solo nas extremidades e no interior do campo (pH medido com 0.01 M CaCl ₂)..... | 33 |
| 4.2. Descrição morfológica do perfil do solo do campo experimental da ESUDER, Pambarra II | 34 |
| 4.2.1. Limite entre camadas ou horizontes | 36 |
| 4.2.2. Cor do solo | 36 |
| 4.2.3. Estrutura do solo..... | 37 |
| 4.2.4. Textura do solo | 37 |
| 4.2.5. Consistência do solo | 38 |

| | |
|--|----|
| 4.2.6. Raízes | 38 |
| 4.2.7. Poros | 39 |
| 4.3. Propriedades físicas | 39 |
| 4.3.1. Densidade do solo..... | 39 |
| 4.3.2. Porosidade do solo..... | 40 |
| 4.3.3. Infiltração da água no solo | 40 |
| 4.3.4. Resistência penetrométrica do solo à capacidade de campo | 41 |
| 4.3.5. Capacidade de campo | 42 |
| 4.3.6. Ponto de murcha permanente | 43 |
| 4.3.7. Água disponível..... | 44 |
| 4.3.8. Condutividade hidráulica do solo saturado | 45 |
| 4.4. Propriedades químicas do solo | 46 |
| 4.4.1. Potencial de hidrogénio (pH) do solo | 46 |
| 4.4.2. Condutividade eléctrica do extracto do solo saturado (salinidade) | 47 |
| V. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES | 49 |
| 5.1. Conclusão | 49 |
| 5.2. Recomendações | 50 |
| REFERENCIA BIBLIOGRAFICA..... | 51 |

I. INTRODUÇÃO

Segundo CAMARGO & ALLEONI (1997), o solo é um dos recursos mais usados pela maior parte da população do mundo para agricultura. Existe grande diversidade dos tipos de solos, cada um com características químicas, físicas, morfológicas e biológicas próprias, o que lhes confere aptidão de uso e manejo distintos. Essas características quando associadas a outros factores ambientais como, por exemplo, clima e relevo, além de variedades / cultivares, disponibilidade de insumos, facilitam na escolha do método de manejo adequado para diferentes culturas, proporcionando uma boa produção e produtividade agrícola.

De acordo com RAÚJO *et al.*, (2004), o solo é a base dos sistemas de produção agrícola, as alterações nas suas propriedades afectam a sustentação do crescimento vegetal, e consequentemente o rendimento das culturas, causando impactos directos para o produtor rural. Então, há necessidade de buscar alternativas que sejam sustentáveis ao longo do tempo, de forma que melhorem ou mantenham uma estrutura física capaz de exercer as suas funções para o crescimento das raízes, bem como favorecer o suprimento de água, oxigénio e nutrientes.

O presente trabalho está organizado em cinco (5) capítulos: O capítulo I é a introdução onde se aborda o tema de um modo geral, sua relevância e nele apresentam-se também os objectivos da pesquisa, a problematização e justificativa da escolha do tema bem como a presente estrutura do trabalho. O capítulo II é constituído pela revisão bibliográfica que traz a fundamentação do tema proposto. Segue-se o capítulo III que mostra a metodologia usada, que são os principais passos seguidos para a concretização do trabalho. O capítulo IV traz os resultados da pesquisa, sua análise e interpretação. E por fim, o capítulo V traz as principais conclusões e possíveis recomendações com base nos resultados obtidos.

1.1. Problema

O solo é um recurso natural dinâmico que constitui a base dos sistemas de produção agrícola utilizada pela maior parte da população do mundo. Pois, é o principal substrato usado pelas plantas para o seu crescimento e disseminação.

É nesse contexto, que o desempenho das suas funções básicas fica severamente prejudicado, afectando o crescimento e o rendimento das culturas, causando impactos directos para o produtor rural devido, uso inadequado do solo por falta de conhecimento no que tange as características do solo.

Apesar da sua importância pouco têm sido feito para garantir a conservação das suas características pelo facto da população limitar se em produzir. Dentro de esta e outras razões contribuem para que a população desconheça a sua importância o que amplia cada vez mais o seu processo de alteração e degradação.

1.2. Justificativa

Neste contexto, realizou – se o estudo no campo experimental da ESUDER, Pambarra II, no distrito de Vilankulo, fornecendo subsídios aos estudos pedológicos a nível académico e do país. O conhecimento das propriedades físicas e químicas do solo é essencialmente importante na adopção do método adequado para o manejo do solo. Além disso, pode contribuir no entendimento do comportamento do solo e das plantas, pois cada solo e cada espécie de planta possuem diferentes comportamentos e características em relação ao seu manejo.

1.3. Objectivos

1.3.1. Geral

- Caracterizar o solo do campo experimental da ESUDER, Pambarra II.

1.3.2. Específicos

- Verificar a uniformidade do solo nos pontos externos e internos do campo;
- Identificar limites entre camadas ao longo da face exposta do perfil do solo;
- Descrever a morfologia de cada camada ao longo da face exposta do perfil do solo;
- Determinar as propriedades físicas e químicas do solo.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Solo e sua constituição

De acordo com LIMA *et al.*, (2007), o solo é um componente fundamental do ecossistema terrestre, pois é o principal substrato utilizado pelas plantas para o seu crescimento e disseminação. O solo fornece as raízes factores de crescimento como suporte, água, oxigénio e nutrientes.

Os solos são constituídos de uma mistura de partículas sólidas de natureza mineral e orgânica, também de ar e água, formando um sistema trifásico: sólido, gasoso e líquido. As partículas da parte sólida variam em tamanho, forma e composição química, sendo sua combinação o que forma a matriz do solo. A distribuição quantitativa das partículas de areia, silte e argila, desta composição da matriz, formam a textura do solo, que é uma das características físicas mais estáveis. Esta fase sólida mineral do solo, composta de partículas de areia, silte e argila, normalmente, estão reunidas pela acção da cimentação, formando as unidades estruturais do solo, sendo os principais os minerais de argila, a matéria orgânica e os óxidos de ferro e alumínio (CAMARGO & ALLEONI, 1997).

A matéria orgânica do solo é formada por resíduos vegetais e animais que são decompostos por microrganismos, formando o húmus, que participa da estruturação do solo e da retenção de água (LEPSCH, 2002).

A fracção orgânica ocorre no solo em diferentes estágios de decomposição, contando, ainda, com organismos vivos e suas actividades (REICHARDT, 1990).

Afirma PREVEDELLO (1996) que, para manter um solo produtivo, bem como adequar determinadas estratégias de manejo, é importante que sejam analisadas suas propriedades físicas de porosidade, densidade e resistência, na medida em que elas afectam a resposta das culturas.

2.2. Morfologia do solo

Estudo da aparência do solo no meio ambiente natural, descrição dessa aparência segundo as características visíveis a olho nu corresponde a anatomia do solo. O conjunto de características morfológicas constitui a base para sua identificação, que será complementada com análises de laboratório. As principais características observadas na descrição do perfil de

solo são: espessura das camadas ou horizontes, cor, textura, estrutura, porosidade, consistência e transição das camadas ou horizontes (SANTOS *et al.*, 2005).

2.2.1. Limite (transição) entre camadas ou horizontes

De acordo com o INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGAÇÃO AGRÁRIA, INIA (1995), o limite entre camadas ou horizontes é descrito em termos de profundidade, nitidez e topografia. A maioria dos limites das camadas ou horizontes não tem profundidade constante. A variação ou irregularidade do limite é indicada pela sua nitidez e topografia.

A nitidez do limite entre duas camadas ou horizontes refere a espessura da faixa de separação entre esses horizontes, ou seja a zona dentro da qual o limite pode ser situado sem estar dentro de um ou de outro horizonte adjacente (INIA, 1995).

- **Abrupto** - quanto a faixa de separação varia entre 0 – 2 cm;
- **Nítido** - quando a faixa de separação varia entre 2 – 5 cm;
- **Gradual** - quando a faixa de separação varia entre 5 – 15 cm;
- **Difuso** - quando a faixa de separação é maior que 15 cm.

A topografia do limite entre camadas ou horizontes indica a regularidade da sua profundidade (INIA, 1995).

- **Plano**: limite praticamente horizontal;
- **Ondulado**: irregularidade na superfície do limite é mais larga que profundas;
- **Irregular**: irregularidade na superfície do limite é mais profunda que largas;
- **Desconcontínuo**: limite fracturado e quebrado.

2.2.2. Cor do solo

A cor do solo é a sensação visual que se manifesta na presença da luz e, de certo modo, reflecte a quantidade de matéria orgânica, tipo de óxido de ferro presente, além da classe de drenagem do solo (PRADO, 1995).

Segundo LEMOS & SANTOS (1996), a cor do solo é a propriedade do solo fácil de observar. Os solos apresentam uma paleta de cores variada, desde castanho e preto, passando por vermelhos, ocres e cores esbranquiçadas. A cor é a consequência de diferente riqueza em materiais orgânicos, textura, tipo de argila e compostos presentes.

De acordo com SANTOS *et al.*, (2005), solos que apresentam cores escuras indicam a presença de matéria orgânica e as cores vermelhas é devido a presença do óxido de ferro III e indicam condições de boa drenagem e aeração do solo.

2.2.3. Textura do solo

Refere – se a proporção relativa das fracções de granulométrica (areia – silte – argila) que compõem a massa do solo. É muito importante para o entendimento do comportamento e manejo do solo, durante a classificação do solo em um determinado local. A textura do solo condiciona por sua vez todos factores de crescimento em maior grau e menor grau, que influi sobre; retenção, movimento e disponibilidade de água no solo, disponibilidade de nutrientes, resistência à penetração de raízes, estabilidade de agrados (LEMOS & SANTOS, 1996).

2.2.4. Estrutura do solo

Refere – se ao padrão de organização das partículas do solo (areia, silte, argila e matéria orgânica) em unidades estruturais compostos, designados por agregados. As forças que tendem a manter estas partículas ligadas entre si, dentro de um mesmo agregado, são mais intensas do que as forças de ligação entre agregados adjacentes, definindo, assim, planos de fraqueza onde os agregados podem ser separados (LEMOS & SANTOS, 1996).

A estrutura do solo é uma característica morfológica que varia de um solo para outro e também entre os horizontes de um mesmo solo, constituindo um critério usado para separação de horizontes do perfil do solo tendo em conta o grau de desenvolvimento das unidades estruturais, a classe e o tipo de estrutura (LEMOS & SANTOS, 1996).

2.2.5. Consistência do solo

De acordo com LEMOS & SANTOS (1996), a consistência do solo diz respeito à resistência que este, oferece a deformação ou a rotura, depende das forças físicas de coesão e adesão entre as partículas, variando com a textura, a estrutura e o teor de minerais e orgânicos. A consistência é uma importante propriedade física do solo por que vai influenciar o crescimento das raízes e a susceptibilidade do solo a compactação e a erosão. Dependendo do teor de água, a consistência é descrita em termos da dureza, firmeza (friabilidade), plasticidade ou pegajosidade.

2.3. Propriedades físicas do solo

As propriedades físicas relacionadas à qualidade do solo referem-se às condições, que permitem a infiltração, a retenção e a disponibilização de água para as plantas, proporcionando as trocas de calor e de gases com a atmosfera e as raízes das plantas e possibilitando o crescimento das raízes (REICHERT, *et al.*, 2003).

Propriedades do solo como a densidade, a porosidade, taxa de infiltração de água e a resistência à penetração têm sido largamente utilizadas na avaliação do estado de compactação do solo em áreas agrícolas. Além disso, as propriedades físicas do solo podem ser alteradas, de acordo com o sistema de manejo empregado (FLORES *et al.*, 2008).

As propriedades físicas do solo são as que merecem maior importância, pois influenciam a produtividade, através do desenvolvimento das plantas. Muitas dessas propriedades físicas têm sido utilizadas para quantificar as alterações provocadas pelos diferentes sistemas de manejo ou até mesmo como indicadores da sua qualidade (NEVES *et al.*, 2007).

2.3.1. Densidade do solo

A densidade do solo expressa a relação entre quantidade de massa do solo seco por unidade de volume do solo (REINERT & REICHERT, 2006).

A densidade do solo tem sido usada como um parâmetro importante da caracterização física da estrutura do solo e como um indicador da compactação (GUARIZ *et al.*, 2009).

A densidade do solo é um importante atributo físico dos solos, por fornecer indicações a respeito do estado de sua conservação, sobretudo em sua influência em propriedades como infiltração e retenção de água no solo, desenvolvimento de raízes, trocas gasosas e susceptibilidade deste solo aos processos erosivos, sendo muito utilizado na avaliação da compactação dos solos (GUARIZ *et al.*, 2009).

A elevação da densidade do solo prejudica o desenvolvimento das plantas, ocasionando aumento da resistência mecânica à penetração de raízes, altera a movimentação de água e nutrientes e a difusão de oxigênio e outros gases, levando ao acúmulo de gás carbônico na área radicular (ISHAQ *et al.*, 2001).

A densidade do solo é dependente do espaço poroso, portanto, solos com maior porosidade têm menor densidade, e dessa maneira, todos os factores que interferem no espaço poroso irão interferir na densidade do solo, como a natureza, a dimensão das partículas (CAMARGO & ALLEONI, 1997).

Segundo PEQUENO (2011), a densidade do solo é um factor que muito influi na capacidade do mesmo sustentar a vida vegetal e por consequência a vida animal também, determinando, portanto o potencial agrícola e pecuário da terra. Em geral, aumenta com a profundidade do perfil devido as pressões exercida pelas camadas superiores provocando a compactação, reduzindo a porosidade. A movimentação de material fino dos horizontes superiores (eluviação) também contribui para a redução dos espaços porosos aumentando a densidade aparente dessas camadas.

Os valores normais para solos arenosos variam de 1200 a 1900 kg/m³, enquanto solos argilosos apresentam valores mais baixos, de 900 a 1700 kg/m³. Valores de densidade associados ao estado de compactação com alta probabilidade de oferecer riscos de restrição ao crescimento radicular situam-se em torno de 1650 kg/m³ para solos arenosos e 1450 kg/m³ para solos argilosos (REINERT & REICHERT, 2006).

2.3.2. Porosidade do solo

De acordo com TEIXEIRA *et al.*, (2009), porosidade é uma propriedade física definida pela relação entre o volume de poros e o volume total de um certo material. A porosidade é gerada juntamente com o sedimento ou rocha, sendo caracterizada nas rochas sedimentares pelos espaços entre clastos ou grãos (porosidade inter-granular) ou planos de estratificação e também desenvolve se após a formação das rochas ígneas, metamórficas ou sedimentares, por fraturamento ou falhamento durante sua deformação (porosidade de fracturas).

Segundo EMBRAPA (2003), a porosidade é constituída pelo espaço poroso, após o arranjo dos componentes da parte sólida do solo e que, em condições naturais, é ocupada por água e ar. A porosidade depende da textura e estrutura dos solos (capacidade de drenagem interna e retenção de água de um perfil, condições de aeração, etc.).

2.3.3. Taxa de infiltração da água no solo

De acordo com COELHO *et al.*, (1992), infiltração é o nome dado ao processo pelo qual a água atravessa a superfície do solo. É um processo de grande importância prática, pois afecta directamente o escoamento superficial, que é o componente do ciclo hidrológico responsável pelos processos de erosão e inundações.

A taxa de infiltração da água no solo é a quantidade máxima de água que pode infiltrar no solo, em um dado intervalo de tempo, sendo expresso geralmente em mm.h^{-1} . É alta no início do processo de infiltração, particularmente quando o solo está inicialmente muito seco, mas tende a decrescer com o tempo, aproximando-se assintoticamente de um valor constante, denominado taxa de infiltração estável (PAIXÃO *et al.*, 2004).

2.3.3.1. Factores que intervêm na taxa de infiltração no solo

A infiltração é um processo que depende, em maior ou menor grau, de diversos factores, dentre os quais se destacam: tipo de solo; condição do solo; humidade inicial do solo; tamanho das partículas; presença de fendas, rachaduras e canais biológicos originados por raízes decompostas ou pela fauna do solo; compactação do solo; cobertura vegetal (PAIXÃO *et al.*, 2004).

Segundo os critérios da USDA (1951) citado por PARAHYBA *et al.*, (2006), os valores de *VIB* são os seguintes:

2.3.3.2. Tabela 1: Classes de valores da velocidade de infiltração básica (mm. h^{-1}).

| Velocidade de Infiltração Básica (mm. h^{-1}) | |
|--|-----------|
| Muito rápida | > 250 |
| Rápida | 250 – 125 |
| Moderadamente rápida | 125 – 63 |
| Moderada | 63 – 12.5 |
| Moderadamente lenta | 12.5 – 5 |
| Lenta | 5 – 1.3 |
| Muito lenta | <1.3 |

Fonte: (PARAHYBA *et al.*, 2006)

2.3.4. Resistência do solo à penetração

A resistência do solo à penetração (R_P) é uma estimativa do impedimento mecânico que o solo oferece às raízes, sendo um dos mais comumente citados factores físicos que afectam o crescimento das raízes (SILVA *et al.*, 2008).

A resistência do solo à penetração (R_P), mensurada através da penetrométrica é a relação entre a força exercida para a penetração no solo de uma haste provida de um cone metálico numa extremidade, e a sua área basal, que é constante e conhecida (CUNHA *et al.*, 2002).

A resistência mecânica do solo à penetração (R_P) é apontada como um dos factores limitantes ao desenvolvimento e estabelecimento das culturas, pois ela expressa o grau de compactação do solo (RICHARDT *et al.*, 2005).

A resistência do solo à penetração (R_P) é uma das propriedades físicas do solo directamente relacionado com o crescimento das plantas e modificada pelos sistemas de preparo do solo. Valores excessivos de resistência do solo à penetração podem influenciar o crescimento das raízes em comprimento, diâmetro e na direcção preferencial do crescimento radicular. Além disso, a resistência do solo à penetração das raízes tem efeitos directos no crescimento da parte aérea das plantas e na partição de carboidratos entre a raiz e parte aérea.

Nesse sentido SOIL SURVEY STAFF (USDA, 1993), propôs sete classes de resistência à penetração do solo (R_P), que são as seguintes:

2.3.4.1. Tabela 2: Sete classes de valores da resistência à penetração do solo (R_P)

| Classe | Resistência à penetração do solo (MPa) |
|---------------------------|--|
| Extremamente baixa | <0.01 |
| Muito baixa | 0.01 – 0.1 |
| Baixa | 0.1 – 1.0 |
| Moderada | 1.0 – 2.0 |
| Alta | 2.0 – 4.0 |
| Muito Alta | 4.0 – 8.0 |
| Extremamente Alta | > 8 |

Fonte: (USDA, 1993)

2.3.5. Capacidade de campo

Segundo abordagem do BRITO *et al.*, (2011), a Capacidade de campo (*CC*) representa a percentagem de água retida pelo solo em condições naturais ou é a quantidade máxima de água capilar que pode ser retida, contra força da gravidade, por um solo bem drenado.

A capacidade de campo (*CC*) é um parâmetro de inegável relevância para o manejo adequado da irrigação, das culturas e do solo (GUARIZ *et al.*, 2009).

A partir da determinação confiável do conteúdo de água no solo na capacidade de campo, pode-se otimizar a produtividade das culturas agrícolas, maximizando a eficiência do uso da água pelas plantas e evitando a contaminação do lençol freático por lixiviação de fertilizantes e agros químicos. Por outro lado, a capacidade de campo representa o conteúdo de água retida no solo após o excesso de água ter sido drenado e o movimento da água tornar-se desprezível (GUARIZ *et al.*, 2009).

A determinação adequada da capacidade de campo (*CC*) é fundamental para o correcto manejo das culturas agrícolas, principalmente em áreas irrigadas, e para a optimização de maneios de solo e da irrigação, visando maximizar a eficiência de uso da água pelas plantas (GUARIZ *et al.*, 2009).

2.3.6. Ponto de murcha permanente

O Ponto de murcha permanente (*PMP*) é definido funcionalmente, como o ponto (teor de humidade do solo) no qual as plantas murcham e não mais recuperam a turgidez, mesmo que sejam colocadas em câmara escura e húmida (PRADO, 1991).

De acordo com o LEPSCH (2002), o Ponto de Murcha Permanente (*PMP*) é o ponto em que a água está retida com elevada energia que a planta não consegue absorver e perde sua turgidez, ou seja, murcha.

Confirmam ainda GUARIZ *et al.*, (2009), o Ponto de Murcha Permanente (*PMP*) é usado para representar o teor de humidade no solo, em que abaixo dele a planta não conseguirá retirar a água do solo, o que a levará à morte, caso não se irrigue.

2.3.7. Disponibilidade de água no solo

O solo é o armazenador e fornecedor de água e nutrientes às plantas. Por fenômenos de adsorção e capilaridade, ele retém, entre uma chuva e outra, a humidade que as plantas necessitam (BERGAMASCHI *et al.*, 1992).

Dependendo do conteúdo de água no solo, as plantas terão maior ou menor facilidade em extrair água e, portanto, de atender às suas necessidades. À medida que o solo seca, torna-se mais difícil às plantas absorver água. Isso porque vai aumentando a força de retenção, enquanto diminui a disponibilidade hídrica no solo. Por isso, nem toda água que o solo consegue armazenar está disponível às plantas. (BERGAMASCHI *et al.*, 1992).

A água disponível é a diferença da água na capacidade de campo que corresponde a água no solo após a drenagem natural pela força de gravidade e o ponto de murcha permanente quando o solo apresenta pouca quantidade de água na condição que a planta não consegue suprir as suas necessidades após a submissão ao stress hídrico. (SILVA *et al.*, 2008)

Tradicionalmente, a capacidade de campo (*CC*) e o ponto de murcha permanente (*PMP*) são considerados como os limites máximos e mínimos, respectivamente. A partir desses limites, pode-se determinar a capacidade de armazenamento de água disponível no solo, considerando a profundidade do sistema radicular. Esses limites dependem de muitos factores intrínsecos ao solo como a textura de outros que são modificados pelo manejo com a estrutura e a porosidade. Por isso, são variáveis no espaço e no tempo, dependendo da condição em que são avaliados. (BERGAMASCHI *et al.*, 1992).

2.3.8. Condutividade hidráulica do solo saturado

A condutividade hidráulica é uma das propriedades físicas do solo mais importantes na determinação quantitativa e qualitativa do movimento de água no solo e no dimensionamento de sistemas de drenagem (COSTA, 2004).

Para CHRISTOFIDIS (1999), a condutividade hidráulica do solo é uma propriedade que expressa a facilidade com que a água nele se movimenta, sendo de extrema importância ao uso agrícola e, conseqüentemente, à produção das culturas e à preservação do solo e do ambiente.

A condutividade hidráulica é influenciada por todas as propriedades que afectam a distribuição, o tamanho e a forma dos poros. Dentre as tais propriedades do solo destacam-se a textura, a estrutura, a densidade, a qualidade de argila e a matéria orgânica (LIBARDI, 1996).

A sua estimativa é de fundamental importância em estudos que envolvem a infiltração da água, o movimento da água dentro do perfil, bem como para as raízes das plantas e para a drenagem interna, de planeamento de uso do solo, de investigação de processos erosivos e geotécnicos (EMBRAPA, 2011).

2.3.8.1. Tabela 3: Classes de valores de condutividade hidráulica do solo saturado

| Classes de K_s | Valores (m/dia) |
|----------------------|-----------------|
| Muito lenta | <0.03 |
| Lenta | 0.03 – 0.12 |
| Moderadamente lenta | 0.12 – 0.48 |
| Moderada | 0.48 – 1.5 |
| Moderadamente rápida | 1.5 – 3.0 |
| Rápida | 3.0 – 6.0 |
| Muito rápida | > 6.0 |

Fonte: (COSTA, 2004)

2.4. Propriedades químicas do solo

O solo como sistema trifásico, com diferentes constituintes na fase sólida apresenta um grande numero de propriedades químicas próprias, sem aqui tratadas as mais importante para sua caracterização e compreensão dos processos pedogeneticos (PALMIERI & LARACH, 1996).

São determinadas, em laboratório, uma série de propriedades químicas dos solos. Para caracterizar quimicamente um tipo de solo devem ser analisadas diversas características, como: carbono orgânico, nitrogénio total, pH, fósforo assimilável, carbonato de sódio, sílica, sesquióxido de ferro, óxido de titânio, capacidade de troca de catiões, saturação de bases, etc. (PALMIERI & LARACH, 1996)

As propriedades químicas dos solos têm influência sobre sua fertilidade e sua erodibilidade (PALMIERI & LARACH, 1996).

2.4.1. Potencial de hidrogénio (pH) do solo

O potencial de hidrogénio (pH) indica a acidez ou a alcalinidade relativa de um substrato. A escala de pH cobre uma faixa de zero a 14, em que 7.0 indica pH neutro, valores abaixo de 7.0 acidez e acima de 7.0 alcalinidade (LIMA, 2002).

De acordo com TROEH & THOMPSON (2007), a maioria dos solos apresentam um pH entre 4 a 8, quase todos os solos com valores do pH abaixo de 4 possuem alta concentração do ácido sulfúrico e solos com pH acima de 8 contem muitos iões de sódio (Na^+).

O pH do solo é um importante indicador, pois possui capacidade de interferir na disposição de vários elementos químicos essenciais ao desenvolvimento vegetal (LIMA, 2002).

2.4.2. Salinidade do solo

De acordo com SILVA (1994), O processo de salinização consiste no acúmulo das concentrações de sais e de sódio mais solúveis no solo. Os sais encontrados mais frequentemente são formados por catiões de cálcio (Ca^{+2}), magnésio (Mg^{+2}), sódio (Na^+), e dos aniões cloreto (Cl^-) e sulfato (SO_4^{-2}).

A formação dos solos salinos ocorre principalmente em climas áridos e semi-áridos, onde a ausência de lixiviação, juntamente com a excessiva evaporação da água, possibilita o acúmulo de sais no solo (PRIMAVESI, 2002).

Os sais também podem ser adicionados aos solos através de actividades humanas, incluindo o uso de águas de irrigação, salmouras altamente salinas ou resíduos industriais (BOHN *et al.*, 1985).

De acordo com JUNIOR & SILVA (2010), os efeitos negativos da salinidade estão directamente relacionados a crescimento e rendimento das plantas e, em casos extremos, na perda total da cultura.

2.4.2.1. Tabela 4: Classes de valores de salinidade (mS/cm)

| Classe | Valores de salinidade (mS/cm) |
|--------------|-------------------------------|
| Não salino | < 2.0 |
| Baixa | 2 – 4 |
| Moderada | 4 – 8 |
| Extremamente | >8 |

Fonte: (EMBRAPA, 1997)

2.5. Fenómenos biológicos (Raízes e animais) do solo

Os sistemas radiculares da maioria das espécies são forma - dos por raízes de diferentes diâmetros e por isso têm maior ou menor facilidade em desenvolverem-se no solo. Ao deformarem-se elasticamente, as raízes finas encontram menor resistência que as raízes grossas que aparentemente têm menor elasticidade e maior plasticidade (VEPRASKAS, 1994).

As raízes são flexíveis, suas pontas têm pequeno diâmetro e podem apresentar movimentos que facilitam o seu desenvolvimento. Além de serem lubrificadas, podem alterar a direcção, para ultrapassar obstáculos, como agregados ou estruturas mais adensadas, através de canais e fendas. (VEPRASKAS, 1994).

III. METODOLOGIA

3.1. Descrição da área de estudo

Segundo MINISTÉRIO DA ADMINISTRAÇÃO ESTATAL (MAE, 2005), o distrito de Vilanculo está situado a Norte da província de Inhambane e tem como limites: Norte com o distrito de Inhassoro, a Sul com o distrito de Massinga, a Oeste com o distrito de Mabote e a Este com o oceano Indico.

3.1.1. Clima

O clima do distrito é tropical seco no interior, e húmido à medida que se caminha para a costa, com duas estações: a quente ou chuvosa que vai de Outubro a Março e a fresca ou seca de Abril a Setembro com temperaturas médias ao longo do ano variando entre os 18° - 33°C (MAE, 2005).

3.1.2. Solos

A zona litoral, com solos acidentados se permeáveis, é favorável a agricultura e pecuária, a precipitação média anual na época das chuvas entre os meses de Outubro a Março é de 1500 mm. A zona interior do distrito apresenta solo franco arenoso e areno-argilosos e uma precipitação média anual de 1000 – 2000 mm, com temperaturas elevadas que provocam deficiência de água (MAE, 2005).

3.1.3. Relevo

O relevo é ondulado tornando-se suavemente ondulado para interior. Estas dunas interiores são intercaladas por depressões com solos arenosos hidromorficos de textura arenosa a franco arenosa (GDV, 2005).

3.1.4. Representação e localização da área de estudo



Figura 1: Mapa de satélite da localidade de Pambarra II

Fonte: *GOOGLE EARTH*

3.2. Colecta e análise de dados

A pesquisa foi levada a cabo no lugar representativo da área de aproximadamente 28 hectares (CAMPO EXPERIMENTAL DA ESCOLA SUPERIOR DE DESENVOLVIMENTO RURAL) em particular na localidade de Pambarra II, Província de Inhambane. Foram colectadas algumas amostras nas profundidades 0 – 15 cm e 15 – 30 cm utilizando uma sonda holandesa nos nove pontos que delimitam a área incluindo o ponto central com as seguintes coordenadas (Vide Tabela 5)

As coordendas foram calculadas com Geographic / UTM (Universal Transverse Mercator) Coordinate Converter obtida através duma página da internet e encontradas com o auxílio do GPS, com o objectivo de verificar a uniformidade do solo analisando a variável química (pH 0.01 M CaCl₂) e a cor do solo nas extremidades e no interior do campo, pois estes são as que mais variam ao longo do terreno. (Vide Apêndice 1).

Posteriormente foi aberta uma trincheira, designada como perfil representativo localizada nas coordenadas de 21° 56' 3.5'' S e 35° 06' 20.5'' E, perto dum poço com objectivo de aproveitar água para análise de algumas propriedades. A trincheira possui as seguintes dimensões: 2.0 m de altura, 2.0 m de comprimento, 1.0 m de largura, onde foi identificado e delimitado limites entre camadas, com o auxílio do Manual para Descrição e Colecta do Solo do INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGAÇÃO AGRONÓMICA DE MOÇAMBIQUE, (INIA, 1995). Foram colectadas as amostras em cada camada ao longo do perfil e casualizados três lugares (secções) a mais ou menos 3 metros do perfil representativo, onde fez se medições de outras propriedades.

Tabela 5: Coordenadas dos pontos que delimitam a área

| Pontos | Coordenadas | |
|---------|-----------------|----------------|
| | Sul | Este |
| I | 21° 55' 57.6'' | 35° 5' 59.7'' |
| II | 21° 56' 14.8'' | 35° 6' 4.30'' |
| III | 21° 56' 1.50'' | 35° 6' 21.0'' |
| IV | 21° 55' 47.6'' | 35° 3' 20.1'' |
| V | 21° 56' 6.24'' | 35° 6' 2.05'' |
| VI | 21° 56' 1.25'' | 35° 6' 12.27'' |
| VII | 21° 55' 54.61'' | 35° 6' 20.62'' |
| Central | 21° 55' 59.60'' | 35° 6' 10.41'' |

3.3. Análise das propriedades física do solo

Nas propriedades físicas do solo foram analisados os seguintes parâmetros: limite entre camadas ao longo do perfil do solo (topografia e nitidez do limite), textura, estrutura (tipo, grau e classe), consistência, cor, densidade, porosidade, taxa de infiltração, capacidade de campo, ponto de murcha permanente, resistência penetrométrica à capacidade de campo e condutividade hidráulica do solo saturado.

3.3.1. Limite entre camadas ao longo do perfil do solo

Para identificar e delimitar as camadas fez – se observação directa na face exposta do perfil do solo, na qual usou se a variável cor e uma fita – métrica para medir a profundidade de cada camada (INIA, 1995).

3.3.2. Topografia do limite

Para a determinação da topografia do limite fez – se a observação directa na face exposta do perfil do solo, indicando o limite entre as camadas e a regularidade da sua profundidade (INIA, 1995).

3.3.3. Nitidez do limite

Para a determinação da nitidez do limite fez – se a observação directa na face exposta do perfil do solo, onde verificou se a espessura da faixa de separação de uma camada a outra (INIA, 1995).

3.3.4. Textura do solo

✓ Método por tacto

Na determinação da textura foram utilizadas amostras colectadas em cada camada ao longo do perfil do solo, onde misturou se o solo até ficar com aspecto homogéneo. Foi usado o método de THIEN (1979) que consiste em colocar aproximadamente 25 g de solo bem agitado na palma da mão, adicionando água em menor quantidade e misturando até o solo formar ou não formar bolo, continuando com o processo, amansando o solo com o polegar e o indicador até formar uma fita de pelo menos 2.5 cm, ou 2.5 a 5.0 cm, ou mais que 5.0 cm sem quebrar, etc.

✓ Método por pipeta

Na determinação da textura por método de pipeta foi utilizada amostra colectada na profundidade de 180 – 200 cm com objectivo de verificar a credibilidade dos resultados obtidos através do método por tacto de THIEN (1979).

Colocou se 10 g de solo em um recipiente plástico adicionando 100 mL de água da torneira e 10 mL de 5 % de hexametáfosfato de sódio (misturou se 1 L de água destilada para 50 g de hexametáfosfato de sódio) através de seringas visivelmente graduadas. Agitou se e deixou se a mistura em repouso durante uma noite.

Transferiu se o conteúdo para copo metálico do agitador eléctrico “DRINK MIXER” adicionando a água da torneira até o volume desejado. Colocou se o copo metálico no agitador e agitou se a mistura durante 10 minutos.

Após esse período amostra foi colocada num cilindro de sedimentação, adicionando a água da torneira no cilindro até o volume de 1 L e submetida a uma temperatura de 32 °C de água dentro do tanque.

Agitou se amostra no cilindro durante alguns minutos com auxílio de um desentupidor deixando de repouso durante 3 minutos e 39 segundos e introduziu se uma pipeta no cilindro até 10 cm de profundidade sugando amostra até o volume desejado. Após 6 horas e 8 minutos, repetiu se o mesmo processo. Posteriormente transferiu se o conteúdo para um petri dish numerado e de peso conhecido.

Colocou se o petri dish a uma temperatura de 105 °C durante aproximadamente 24 horas, anotando o valor do peso seco da amostra através duma balança electrónica de 0.0001 g de precisão. A textura foi determinada usando o triângulo textural com auxílio das seguintes equações.

$$\text{Massa das partículas (mg)} = \text{Massa amostra (mg)} - \left[\left(\frac{\text{Valor em (mL)}}{27} \right) * 18 \right] \quad (\text{equação n}^\circ 1)$$

$$\text{Massa da amostra (g)} = \text{Petri dish com solo (g)} - \text{Petri dish sem solo (g)} \quad (\text{equação n}^\circ 2)$$

Massa húmida agitada = massa de solo colocado para misturar com dispersante.

$$\text{Massa seca agitada} = \frac{\text{Massa Húmida agitada (g)}}{1 + H} \quad (\text{equação n}^\circ 3)$$

$$\text{Massa silte e argila} = \frac{\text{Massa das partículas (mg)}}{\text{Valor em (mL)}} \quad (\text{equação n}^\circ 4)$$

$$\% = \left(\frac{\text{Massa silte e argila}}{\text{Massa seca agitada}} \right) * 100 \quad (\text{equação n}^\circ 5)$$

Onde: 27 – volume usado de amostra branca de sais;

18 – Peso de sais em mg para 27 mL de amostra branca de sais;

H – humidade da amostra usada para sedimentação.

$$\text{Sendo: Humidade no dia de secagem} = \frac{(e - f)}{(f - b)} \quad (\text{equação n}^\circ 6)$$

Massa seca de todo o solo antes de transferir a maior parte a lata

$$= \frac{(d - a)}{(1 + \text{humidade no dia de secagem})}$$

(equação nº 7)

$$\theta_g \text{ no dia de amostragem} = \frac{(c - a) - (\text{massa seca de todo o solo antes de transferir a maior parte a lata})}{\text{massa seca de todo o solo antes de transferir a maior parte a lata}}$$

(equação nº 8)

Onde: θ_g - humidade gravimétrica (g/g);

a - massa dum plástico (g);

b - massa da lata (g);

c - massa húmida do solo removido do plástico no dia de secagem (g);

d - massa húmida no plástico no dia de secagem (g);

e - massa húmida (na lata) do solo removido do plástico no dia de secagem (g);

f - massa seca (na lata) do solo removido do plástico (g);

3.3.5. Estrutura do solo

Para a descrição da estrutura, fez – se uma observação directa na face exposta do perfil do solo sob condições do solo húmido, colectou – se um torrão (bloco) grande do solo em varias parte de cada camada ao logo do perfil, com auxilio de uma catana, foi analisado em grau, classe e o tipo de agregados (INIA, 1995).

3.3.6. Consistência do solo

A consistência do solo foi determinada em condições secas através da observação directa na face exposta do perfil do solo, onde colectou se em cada camada um torrão (bloco) de solo, tentar quebrar entre o polegar e o indicador ou com as mãos para verificar o grau de consistência nas condições naturais (INIA, 1995).

3.3.7. Poros

Os poros visíveis foram determinados no campo pela observação directa na face exposta do perfil do solo, numa forma aleatória delimitou se em várias partes da mesma camada uma área quadrangular de 0.01 m² para verificar o tamanho e abundância poros (INIA, 1995).

3.3.8. Cor do solo

Para a determinação da cor, foram utilizadas amostras colectadas em cada camada ao longo do perfil do solo. A cor do solo foi analisada nas condições húmidas, onde a notação da cor foi feita comparando um fragmento do solo de uma determinada camada com rectângulos de combinação de cores diversas das Cartas de Cores Munsell. Assim, anotou se os três elementos básicos que compõem uma cor: Matiz, Valor e Cromo.

A verificação da cor do solo foi feita na ausência directa da luz do solar, com o auxílio de fichas de REVISED STANDARD SOIL COLOR CHART (1970) (Cartas de Cores Munsell). Foram usadas duas fichas das Cartas de Cores Munsell: identificou se a cor do solo no livro padrão de scan, tendo em conta que as cores no livro padrão de scan não são exactas comparando – as com as cores do Livro padrão original.

3.3.9. Densidade do solo

Para determinar a densidade do solo foram colectadas amostras nas diferentes camadas ao longo das quatro faces do perfil do solo no interior da trincheira, utilizando um cilindro de aço com o diâmetro 0.067905 m e altura 0.067545 m, o diâmetro e altura do cilindro são médias de oito medições feitas com o paquímetro.

O cilindro foi introduzido horizontalmente nas camadas com auxílio de um martelo e dum cilindro de orientação (vide o cilindro de orientação em Apêndice 2) até o preenchimento total do anel, à profundidade desejada, retirou se o cilindro com a catana perfurando o solo nas laterais, depois removeu se o excesso do solo com outra catana cortando a parte de cima do cilindro e conservadas nos plásticos. Foram colectas quatro amostras de solo por cada camada e encaminhadas para a ESUDER.

Após medição do peso total de cada amostra, fez se medição das amostras do solo introduzidas nas latas de sardinha, onde usou se uma lata por amostra de cada camada e colocadas no forno eléctrico a temperatura de 105 °C por aproximadamente 24 horas, até o peso seco ficar constante.

Após esse período, as amostras foram pesadas, com uma balança electrónica de 0.01 g de precisão, determinando – se a seguir a densidade do solo (ρ_s) em Mg/m^3 através da expressão:

$$\rho_s = \frac{m_s}{V} \quad (\text{equação n}^\circ 9)$$

Fonte: EMBRAPA (1997)

Onde: ρ_s – Densidade do solo $\left(\frac{\text{Mg}}{\text{m}^3}\right)$;

m_s – Massa da amostra do solo seco a 105 °C (Mg);

V – Volume do anel (m^3);

Sendo: $V (\text{m}^3) = \Pi r^2 * h$; (equação n° 10)

r – raio (m);

h – altura (m);

3.3.10. Porosidade do solo

A porosidade total foi calculada a partir da relação entre densidade do solo e densidade das partículas:

$$P = \left[1 - \left(\frac{\rho_s}{2.650} \right) \right] * 100 \quad (\text{equação n}^\circ 11)$$

Fonte: THOMPSON & TROEH (2007)

Onde: P - porosidade (%);

ρ_s - Densidade média do solo $\left(\frac{\text{Mg}}{\text{m}^3}\right)$;

2.650 - Densidade das partículas (constante) $\left(\frac{\text{Mg}}{\text{m}^3}\right)$;

3.3.11. Taxa de infiltração no solo

A taxa de infiltração foi determinada em três secções casualizadas a mais ou menos 3 m do perfil representativo (trincheira), onde usou se infiltrómetros de anéis concêntricos, formados por dois cilindros metálicos, ambos com 0.24 m altura, 0.58 m de diâmetro para o

cilindro exterior e 0.29 m de diâmetro para o cilindro interior, inseridos com o peso de algumas pessoas exercido por cima até 0.12 m no solo restando com 0.12 m para a superfície do solo.

A razão da existência do cilindro externo foi de evitar a perda de água por percolação lateral, atenuando o efeito da dispersão da água no cilindro interno. Colocou se uma régua graduada numa das extremidades do cilindro interno e o *mulching* (capim) dentro do cilindro interno e externo para evitar danos na estrutura do solo por impacto directo da água.

A água foi adicionada em ambos cilindros ao mesmo tempo colocando as mãos sobre água, retirou se o *mulching* e fez se a leitura do tempo em que leva para infiltrar uma lâmina de 20 mm de água no solo com auxílio dum cronómetro digital, fez se a reposição da água sempre que infiltrasse 20 mm na régua graduada introduzida no cilindro interno. O teste foi abastecido com água do poço e terminou quando a taxa de infiltração atingiu um valor quase constante.

3.3.12. Resistência penetrométrica do solo à capacidade de campo

Para a determinação da resistência penetrométrica utilizou se penetrómetro de velocidade constante (manual) de 1 m de altura constituído por uma haste com cone na extremidade inferior com diâmetro de 0.0128068 m, o diâmetro do cone é a média de cinco medições feitas com o micrometer, ligada a uma balança para verificar o peso em função da profundidade ao longo da velocidade constante exercida pelo operador do instrumento

Foram efectuadas cinco leituras numa forma aleatória a 0.7 m de profundidade num intervalo de 0 a 0.6 m em que cada 0.1 m de perfuração no solo registava se a massa nas três secções casualizadas a mais ou menos 3 m do perfil representativo (trincheira), aproximadamente 24 horas após de saturação solo com auxílio dum cilindro metálico de 0.58 m de diâmetro e 0.24 m de altura, onde usou se 300 litros de água para cada secção. A resistência penetrométrica foi calculada pela seguinte equação:

$$R_p = \frac{F}{A} \quad (\text{equação n}^\circ 12)$$

Onde: R_p – Resistência penetrométrica (N/m^2);

g – Aceleração de gravidade = 9,81 m/s²

A – Área do cone (m²)

$$\text{Sendo: } A = \pi \frac{d^2}{4} \quad (\text{equação n}^\circ 13)$$

$$F = m \times g \quad (\text{equação n}^\circ 14)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (\text{equação n}^\circ 15)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n} \quad (\text{equação n}^\circ 16)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n}} \quad (\text{equação n}^\circ 17)$$

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100\% \quad (\text{equação n}^\circ 18)$$

3.3.13. Capacidade de campo no solo

Para a determinação da capacidade de campo foram colectadas amostras nas profundidades de 0 – 20; 20 – 40; 40 – 60; 60 – 80; 80 – 100; ...200 cm com o auxílio de uma sonda holandesa nas três secções após medições da resistência penetrométrica e introduzidas nos plásticos.

As amostras foram encaminhadas para a ESUDER, colocadas em latas de sardinha onde mediu se o peso húmido com uma balança electrónica de 0.01 g de precisão sendo posteriormente, colocadas no forno eléctrico a uma temperatura de 105 °C, onde permaneceram por um período de aproximadamente 24 horas até o peso ficar constante, anotando assim o valor do peso seco do solo. A capacidade de campo foi determinada pela seguinte equação:

$$CC = \frac{P_{H_2O}}{P_S} * 100 (\%) \quad (\text{equação n}^\circ 19)$$

Onde: CC – Capacidade de Campo;

P_{H_2O} – Peso de água;

P_H – Peso do solo húmido;

P_S – Peso do solo seco.

Sendo: $P_{H_2O} = P_H - P_S$ (equação n° 20)

$P_H = P_{H.lata} - P_{lata}$ (equação n° 21)

$P_S = P_{S.lata} - P_{lata}$ (equação n° 22)

3.3.14. Ponto de murcha permanente

Para a determinação do ponto de murcha permanente foram colectadas amostras nas profundidades de 0 – 20; 20 – 40; 40 – 60; 60 – 80; 80 – 100; ...200 cm com o auxílio de uma sonda holandesa nas três secções após medições da resistência penetrométrica e introduzidas nos plásticos e encaminhadas para laboratório de ponto de murcha permanente na ESUDER.

O solo foi misturado durante 10 min até apresentar um aspecto homogéneo e introduzido nas latas de sardinha, tendo se evitado a compactação do solo dentro das latas, isto é, uma lata por profundidade.

O ensaio foi montado utilizando uma cultura indicadora, milho pré-germinado (*Zea mays* L.). A pré-germinação do milho foi feita através de um papel higiénico húmido introduzido numa tigela fecha excepto algumas fendas para o intercâmbio de gases.

O objectivo da pré-germinação do milho era para verificar o poder germinativo da semente e ter alguns milímetros de raiz na semente no momento de plantar, para estabelecer bem o crescimento da planta. O ensaio foi colocado num sítio com sombra para evitar a incidência directa dos raios solar e rápida evapotranspiração das folhas.

Em cada lata foram lançadas duas sementes de milho pré-germinado, tendo emergido dois dias após a sementeira. A rega foi feita duas vezes por dia utilizando uma cápsula (Coca-Cola) até as plantas possuir 10 a 15 cm de altura com mínimo de três folhas por planta.

Envolveu se o caule da planta com uma cartolina, posteriormente fechou se a superfície da lata com vela (vela semi-liquido) e colocou se o papel higiénico no interior da cartolina que envolve o caule para evitar as perdas da água por evaporação. Deste ponto em diante, a perda de água no solo era unicamente pela absorção das raízes e transpiração das folhas.

Assim que as plantas murchavam todas as folhas eram colocadas no laboratório de humidade (laboratório de humidade inventado por Prof. Doutor Peter Vine utilizando um cilindro metálico inserido no solo saturado, tecido molhado (roupa) para manter a humidade

no interior do cilindro durante a noite e uma bacia para cobrir a parte superior do cilindro. Vide o laboratório de humidade em Apêndice 3) as 17 horas para recuperarem a turgescência das suas folhas e removidas as 5 horas.

As plantas que recuperavam a turgescência de alguma folha no laboratório de humidade durante a noite eram devolvidas para o laboratório de ponto de murchamento no período das 5 horas. As plantas que não recuperavam a turgescência de nenhuma folha no laboratório de humidade durante a noite eram consideradas como plantas que atingiram o "Ponto de Murcha Permanente".

Logo era removida a planta da lata, restos de vela e as raízes do solo para verificar o peso húmido com auxílio duma balança electrónica de 0.01 g de precisão e mantida no forno eléctrico a uma temperatura de 105 °C por um período de aproximadamente 24 horas até o peso ficar constante, com a finalidade de obter o peso seco da amostra. O ponto de murcha permanente foi calculado segundo a equação:

$$PMP = \frac{P_{H_2O}}{P_S} * 100 (\%) \quad (\text{equação n}^\circ 23)$$

Onde: PMP – Ponto de murcha permanente;

P_{H_2O} – Peso da água;

P_S – Peso seco;

P_H – Peso do solo húmido;

Sendo: $P_{H_2O} = P_H - P_S \quad (\text{equação n}^\circ 24)$

$$P_H = P_{H \text{ lata}} - P_{lata} \quad (\text{equação n}^\circ 25)$$

$$P_S = P_{S.lata} - P_{lata} \quad (\text{equação n}^\circ 26)$$

3.3.16. Disponibilidade de água no solo

A disponibilidade de água foi determinada pela seguinte equação:

$$AD = (CC - PMP) * \rho_s \quad (\text{equação n}^\circ 27)$$

Fonte: FAEF (1998)

Onde: AD – Disponibilidade de água $\left(\frac{\text{mm de água}}{100 \text{ mm de solo}} \right)$;

CC – capacidade de campo (%);

PMP – ponto de murcha permanente (%);

ρ_s - Densidade do solo $\left(\frac{\text{Mg}}{\text{m}^3} \right)$;

3.3.17. Condutividade hidráulica do solo saturado

A condutividade hidráulica do solo saturado foi determinada directamente no campo em três secções casualizadas a mais ou menos 3 m do perfil representativo (trincheira), onde foi utilizado um infiltrómetro de anel com 0.29 m de diâmetro e 0.24 m de altura inseridos com o peso de algumas pessoas exercido por cima até 0.12 m no solo restando com 0.12 m para a superfície do solo.

Foi colocado o *mulching* no interior do anel para evitar danos na estrutura do solo por impacto directo da água e saturado com 20 litros de água, removeu se *mulching* do anel deixando o lugar saturado por mais ou menos 20 minutos de repouso.

Foi aberto um furo de 0 – 30 cm de profundidade com sonda de tubo de aço de 2.8 cm de diâmetro externo na parte inferior, (o diâmetro do tubo de aço é média de quatro medições feitas com o paquímetro) em cada secção.

Colocou se um funil plástico e fez se a calibração do furo com volume de 1.0 litro de água para posterior registo do tempo que 1.0 litro de água leva para infiltrar no solo e foram efectuadas 17 leituras com auxílio de um cronómetro digital, mantendo sempre a água num

nível constante até ao topo do furo durante a medição, isto é, não deixar a água baixar até ao fundo e nem transbordar.

Na segunda medição, criou-se o furo de 30 – 90 cm de profundidade com a mesma sonda de tubo de aço de diâmetro 2.8 cm em cada secção. Onde calibrou-se o furo com 1.0 litro de água através do instrumento de Vine para posterior medição do K_s nas três secções, (instrumento inventado por Prof. Doutor. Peter Vine utilizando um tubo nível plástica vulgarmente conhecido como " nível de mangueira " ligado a outro tubo metálico. Vide Apêndice 4). A condutividade hidráulica do solo saturado foi determinada pela seguinte equação:

$$K_s = \frac{Q}{\pi r^2 + \pi dh} \quad (\text{equação n}^\circ 28)$$

Fonte: FAEF (1998)

Onde: K_s - condutividade hidráulica do solo saturado (m/s);

r - Raio (m);

Q - Vazão (m^3/s);

d - Diâmetro (m);

h - Altura (m);

V - Volume de água (m^3);

t - Tempo (s).

Sendo: $Q = \frac{V}{T}$

(equação n° 29)

3.4. Análise química do solo

Para a determinação das propriedades químicas do solo, foi realizada a análise salinidade e pH do solo.

3.4.1. Salinidade do solo

Para a determinação do nível de sais existentes no solo, foram colectadas amostras nas profundidades de 0 – 20; 20 – 40; 40 – 60; 60 – 80; 80 – 100; ...200 cm com o auxílio de uma sonda holandesa nas três secções após medições da resistência penetrométrica e introduzidas nos plásticos e encaminhadas para a ESUDER.

As amostras foram medidas através do condutivímetro de marca EXTECH bem calibrado em nível M 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e H 12.88 mS/cm o que significa "boa calibração" em dois níveis nomeadamente: médio e alto. Misturou se o solo colectado até ficar com aspecto homogéneo, foram extraídos 4 mL de solo e 20 mL de água destilada com seringas plásticas visivelmente graduadas uma para solo e outra para água destilada e introduzidas num plástico, agitando com força utilizando as mãos durante 10 minutos e deixando repousar por 5 minutos.

Após o repouso, as amostras foram retiradas do plástico e introduzidas num recipiente para medição da condutividade eléctrica do extracto na suspensão de 1:5 (CE_5) correspondente a (solo: água destilada). Onde verificou se o primeiro valor a parecer no condutivímetro de marca EXTECH. A equação usada para cálculo de condutividade eléctrica do extracto do solo saturado é:

$$CE_e = - 0.1893 + 3.031 * \left(\frac{CE_5}{1000} \right) \quad (\text{equação n}^\circ 30)$$

Fonte: EUDOXIE & CARTER (2006)

Onde: – 0.1893 e 3.031 – Coeficientes para a determinação da CE_e ;

CE_e – Condutividade eléctrica do extracto do solo saturado, mS/cm ;

CE_5 – Representa a condutividade do extracto do solo numa suspensão de (1:5) solo: água, $\mu\text{S}/\text{cm}$;

No presente trabalho usou se a correlação de EUDOXIE & CARTER criada na base da regressão linear de CE_e e CE_5 devido aos resultados obtidos nos seus estudos em 14 tipos de solos de Trinidad que foram mais significativos em relação aos estudos relatados por outros pesquisadores como ZANG *et al.*, (2005) & SHIROKOVA *et al.*, (2000) e aplicação deste,

em estudos de caracterização de grande escala, permitindo a conversão dos indicadores de salinidade.

3.4.2. pH do solo

Para a determinação do nível pH existentes no solo, foram colectadas amostras nas profundidades de 0 – 20; 20 – 40; 40 – 60; 60 – 80; 80 – 100; ...200 cm com o auxílio de uma sonda holandesa nas três secções após medições da resistência penetrométrica e introduzidas nos plásticos e encaminhadas para a ESUDER.

As amostras foram medidas através do potenciómetro de marca EXTECH, calibrado em solução padrão de pH 4.01 e 7.00 até o aparecimento da designação L, M o que significa "boa calibração" em dois níveis nomeadamente: baixo e médio.

Após a calibração fez – se a medição do líquido certeza, água destilada, leite, vinagre e o papel de medição de pH (WHATMAN) com objectivo de comparar os resultados obtidos e garantir o nível de credibilidade dos mesmos, prosseguindo fez a mistura do solo colectado até ficar com aspecto homogéneo.

Fez se a mistura de 2.42 g de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ equivalente a 1.4702 g de cloreto de cálcio puro (CaCl_2) por 1.0 litro de água destilada (H_2O). Agitou se a mistura por alguns minutos até o CaCl_2 ficar dissolvido por completo criando uma solução homogénea.

Foram extraídos 3.2 mL de solo, 8.0 mL de cloreto de cálcio (CaCl_2) de 0.01 M ou 8.0 mL de água destilada com seringas plásticas visivelmente graduadas, onde usou se uma seringa uma para solo, uma para cloreto de cálcio e outra para água destilada e introduzidas num plástico, agitando com força utilizando as mãos durante 10 minuto.

Após 5 minutos de repouso, as amostras foram retiradas do plástico e introduzidas num recipiente para medição pH na proporção (1:2.5) e (1:2.5) correspondente a (solo: cloreto de cálcio) e (solo: água destilada) respectivamente. Onde verificou se os últimos valores do pH e da temperatura aparecerem no potenciómetro de marca EXTECH depois de ficarem constante ou após 2 minutos se os valores não forem constantes.

3.5. Análise biológica do solo

Nas propriedades biológicas foi analisado o parâmetro raiz através de observação directa na face exposta do perfil do solo. Duma forma aleatória delimitou se em várias partes da mesma camada uma área quadrangular de 0.01 m^2 para verificar o tamanho e abundância das raízes (INIA, 1995).

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Uniformidade do solo nas extremidades e no interior do campo (pH medido com 0.01 M CaCl₂) (vide Tabela 6)

Verificou se que em todos os pontos externos e internos do campo experimental da ESUDER, Pambarra II, na profundidade de 0 – 15 cm o pH varia de 5.57 a 7.02 apresentando propriedades pouco ácidas excepto o ponto com as seguintes coordenadas 21° 55' 59.60" S 35° 6' 10.41" E que apresenta propriedades pouco alcalinas com pH de 7.02.

O mesmo acontece para profundidade 15 – 30 cm onde o pH varia de 5.52 a 7.10, mas já com a excepção do ponto com as seguintes coordenadas 21° 55' 57.6" S 35° 5' 59.7" E que apresenta propriedades pouco alcalinas com o pH de 7.10 [Vide abordagem de SULEIMAN (2012) no ponto 4.4.1.]

Observou se também a variável cor onde foi possível constatar que nos pontos acima citados na profundidade de 0 – 15 cm o solo apresenta uma coloração castanho avermelhado muito escuro em relação a profundidade de 15 – 30 cm que è castanho avermelhado escuro, isso provavelmente deve se a presença de matéria orgânica que se encontra destruído de forma desigual entre os sítios.

Considerando os resultados do pH do solo obtidos na profundidade de 0 – 15 cm e 15 – 30 cm o solo é pouco ácido, a cor do solo nas mesmas profundidades apresenta um coloração acastanho avermelhado escuro e a localização do campo experimental da ESUDER, Pambarra II no mapa de solos da província de Inhambane na escala de 1:250000 (vide Anexo 1) foi possível constatar que o solo em análise apresenta um solo com características uniforme pois encontra se na área abrangida pelo mesmo tipo de solo.

De acordo com VINE (2 de Outubro de 2015 cp.) a profundidade de 0 a 30 cm é a mais importante para distinguir um solo de outro, então se o solo numa determinada área tem uma diferença significativa entre os pontos na profundidade 0 a 30 cm não é apropriado fazer o manejo do solo uniformemente.

Tabela 6: pH do solo medido com 0.01 M CaCl₂ nos pontos externos e internos da área

| Prof. (cm) | pH do solo medido com 0.01 M CaCl ₂ nos pontos que delimita o terreno | | | | | | | | | |
|----------------|--|------|------------------------------------|------|------------------------------------|------|-------------------------------------|------|--------------------------------|------|
| | 21° 55' 57.6'' S 35° 5' 59.7'' E | | 21° 56' 14.8'' S 35° 6' 4.3'' E | | 21° 56' 1.5'' S 35° 6' 21.0'' E | | 21° 55' 47.6'' S 35° 3' 20.1'' E | | | |
| | pH | T°C | pH | T°C | pH | T°C | pH | T°C | | |
| 0 – 15 | 6.91 | 26.7 | 6.15 | 27.6 | 6.96 | 26.7 | 6.34 | 26.7 | | |
| 15 – 30 | 7.10 | 27.6 | 6.21 | 27.4 | 6.98 | 26.4 | 6.25 | 26.1 | | |
| | pH do solo medido com 0.01 M CaCl ₂ nas mediatrizes dos pontos | | | | | | | | | |
| | 21°56'6.24''S 35°6'2.05''E | | 21°56'1.25''S 35°6'12.27''E | | 21°55'54.6''S 35°6'20.62''E | | 21°55'59.60''S 35°6'10.41''E | | 21°56'0.43''S 35°6'11.34''E | |
| | pH | T°C | pH | T°C | pH | T°C | pH | T°C | pH | T°C |
| 0 – 15 | 6.30 | 27.1 | 6.22 | 28.2 | 5.63 | 26.8 | 7.02 | 27.0 | 5.57 | 27.5 |
| 15 – 30 | 6.29 | 27.6 | 6.69 | 27.6 | 6.05 | 28.7 | 6.58 | 27.4 | 5.52 | 27.3 |

4.2. Descrição morfológica do perfil do solo do campo experimental da ESUDER, Pambarra II

O perfil do solo do campo experimental da ESUDER, Pambarra II apresenta cinco camadas de acordo com respectivas profundidades sendo, a primeira camada de [0 – 9] cm, segunda de [9 – 21] cm, terceira de [21 – 50] cm, quarta de [50 – 88] cm e a quinta de [88 – 200] cm (vide Figura 2).

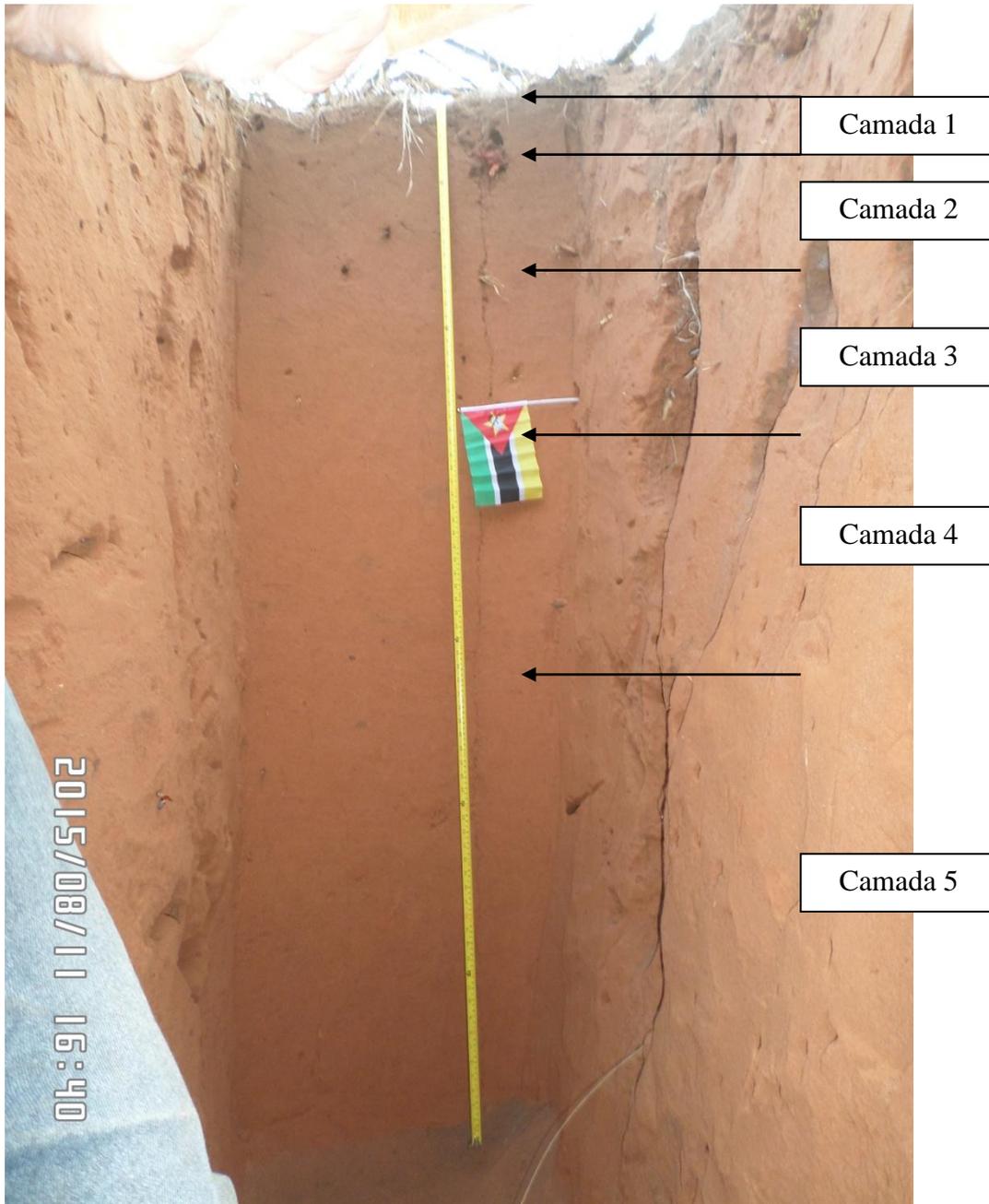


Figura 2: Perfil representativo do solo do campo experimental da ESUDER, Pambarra II com uma fita de 2 m de comprimento.

Tabela 7: Descrição do limite de camadas (nitidez e topografia) e cor ao longo do perfil do solo.

| Camadas | Profundidade (cm) | Limite de camada | | | Cor | | |
|---------|----------------------|------------------|------------|-------|-------|-------|--|
| | | Nitidez | Topografia | Matiz | Valor | Croma | Designação |
| 1 | 0 – 9 | Nítido | Plano | 2.5YR | 2 | 2 | Castanho avermelhado muito escuro |
| 2 | 9 – 21 | Nítido | Plano | 2.5YR | 3 | 2 | Castanho avermelhado escuro |
| 3 | 21 – 50 | Gradual | Plano | 2.5YR | 5 | 6 | Castanho avermelhado |
| 4 | 50 – 88 | Difuso | Plano | 2.5YR | 5 | 8 | Castanho avermelhado |
| 5 | 88 – 200 | – | – | 10 R | 4 | 8 | Vermelho |

4.2.1. Limite entre camadas ou horizontes

A transição entre camadas ao longo do perfil do solo quanto à topografia da linha de separação é plana em todas as camadas e quanto à nitidez houve uma variação sendo que a linha de separação da primeira a segunda camada é nítida, da segunda a terceira camada também é nítida, da terceira a quarta camada é gradual e da quarta a quinta camada é difusa.

4.2.2. Cor do solo

A cor do solo ao longo do perfil varia castanho avermelhado muito escuro a vermelho, a diferença de cores ao longo do perfil pode ser explicada devido a sua relação com outros factores como: a matéria orgânica, a presença do óxido de ferro e alumínio. A cor na primeira camada é castanho avermelhado muito escuro, na segunda camada é castanho avermelhado escuro, adquirindo uma tonalidade cada vez mais clara com o aumento da profundidade, na

terceira e quarta camada é castanho avermelhado e na quinta camada a tonalidade acastanhada desaparece, ficando só a cor vermelha. De acordo com SANTOS *et al.*, (2005) solos que apresentam cores escuras indicam a presença de matéria orgânica e as cores vermelhas é devido a presença do óxido de ferro e indicam condições de boa drenagem e aeração do solo (vide Apêndice 5).

Tabela 8: Descrição da textura, estrutura e consistência ao longo do perfil do solo.

| Camada | Profundidade (cm) | Estrutura | | | Consistência | Textura |
|--------|----------------------|------------------------|---------|----------------|----------------------|--------------------|
| | | Tipo | Grau | Classe | Seca | |
| 1 | 0 – 9 | Grumoso | Simples | Muito finos | Solta | Areno- franca |
| 2 | 9 – 21 | Anisoforme anguloso | Fraco | Muito finos | Ligeiramente dura | Franco- siltosa |
| 3 | 21 – 50 | Anisoforme anguloso | Fraco | Muito finos | Ligeiramente dura | Franco- arenosa |
| 4 | 50 – 88 | Anisoforme anguloso | Fraco | Muito finos | Dura | Franco- arenosa |
| 5 | 88 – 200 | Anisoforme anguloso | Fraco | Muito finos | Dura | Franco- arenosa |

4.2.3. Estrutura do solo

A estrutura do solo ao longo do perfil quanto ao tipo varia de grumoso a anisoforme anguloso com o aumento da profundidade onde na primeira camada é grumoso e as restantes camadas anisoforme anguloso. O mesmo acontece quanto ao grau, que apresenta grau simples na primeira camada e nas demais camadas franco e quanto a classe a estrutura do solo é muito fino.

4.2.4. Textura do solo

De acordo com análise granulométrica por tacto ao longo do perfil do solo a primeira camada apresenta uma textura areno-franca e a segunda camada franco-siltosa e as restantes camadas franco-arenosa (vide Tabela 8).

Segundo análise granulométrica por pipeta o solo apresenta uma textura franco-arenosa na profundidade de 180 – 200 cm. Pode se constatar que os resultados obtidos no método de tacto estão em concordância com o método de pipeta.

Os resultados obtidos em ambos métodos enquadram-se na abordagem do MAE (2005), onde os solos do distrito de Vilankulo na sua maioria são de textura arenosa a franco-arenosa.

4.2.5. Consistência do solo

A consistência do solo ao longo do perfil na condição seca revela uma variação de solta a dura, sendo a primeira camada solta, a segunda e terceira camada são ligeiramente duras e as restantes duras (vide Tabela 8).

Tabela 9: Descrição dos poros e raízes ao longo do perfil do solo.

| Camada | Profundidade (cm) | Raízes | | Poros | |
|--------|----------------------|-------------|------------|-------------|------------|
| | | Tamanho | Abundância | Tamanho | Abundância |
| 1 | 0 – 9 | Muito finas | Poucas | Médios | Poucos |
| | | Grosseiras | Raras | Finos | Raros |
| 2 | 9 – 21 | Médias | Raras | Médios | Poucos |
| | | Finas | Raras | Finos | Raros |
| 3 | 21 – 50 | Grosseiras | Raras | Muito finos | Poucos |
| | | Finas | Raras | | |
| 4 | 50 – 88 | Médias | Raras | Muito finos | Raros |
| | | Finas | Raras | | |
| 5 | 88 – 200 | Muito finas | Raras | Muito finos | Raros |
| | | Médias | Raras | | |

4.2.6. Raízes

O perfil do solo quanto ao tamanho e abundâncias das raízes apresenta na primeira camada raízes muito finas poucas a grosseiras raras, na segunda camada médias a finas raras, na terceira camada médias a grosseiras raras, quarta camada médias a finas raras e na última camada muito finas a médias raras devido a existência de uma vegetação arbustiva.

4.2.7. Poros

O perfil do solo apresenta quanto ao tamanho e abundância dos poros na primeira e na segunda camada poros médios poucos a finos raros diminuindo no resto das camadas para poros muito finos poucos e raros (vide Tabela 9).

4.3. Propriedades físicas

4.3.1. Densidade do solo

A densidade do solo ao longo perfil varia de 1.35 a 1.61 Mg/m³ correspondente a primeira e a quarta camada onde, verifica-se que a densidade aumenta com a profundidade, variando em função de diversos factores, como teor reduzido de matéria orgânica, menor agregação, maior compactação, diminuição da porosidade do solo, dentre outros factores. De acordo com REINERT & REICHERT (2006) os valores considerados normais da densidade para solos arenosos a franco-arenosos variam de 1.20 a 1.90 Mg/m³ acima deste, provoca restrições ao crescimento de raízes e a diminuição da infiltração de água no solo. A densidade do solo do campo experimental da ESUDER, Pambarra II, encontra se dentro dos parâmetros considerados normais que permitem o bom desenvolvimento radicular das plantas, movimento da água e nutriente. (vide Tabela 10).

Tabela 10: Densidade do solo ao longo do perfil (Vide Apêndice 6)

| Camada | Profundidade (cm) | Experiencia 1 | Experiencia 2 | Experiencia 3 | Experiencia 4 | ρ_s (Mg/m ³) |
|--------|----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------------------|
| 1 | 0 – 9 | 1.36567 | 1.40066 | 1.26960 | 1.35324 | 1.35 |
| 2 | 9 – 21 | 1.31302 | 1.48594 | 1.25566 | 1.42695 | 1.37 |
| 3 | 21 – 50 | 1.40410 | 1.41358 | 1.40246 | 1.52902 | 1.44 |
| 4 | 50 – 88 | 1.73134 | 1.52265 | 1.56627 | 1.60854 | 1.61 |
| 5 | 88 – 200 | 1.55727 | 1.46529 | 1.52391 | 1.63098 | 1.54 |

4.3.2. Porosidade do solo

A porosidade do solo ao longo perfil varia de 49.2 a 39.4 % correspondente a primeira e a quarta camada onde, verifica – se que a porosidade tende a diminuir com o aumento da profundidade. Segundo REINERT & REICHERT (2006) A porosidade diminui com o aumento da densidade do solo influenciando directamente no crescimento de raízes e movimento de ar, água e solutos no solo na medida em que vai diminuindo (vide Tabela 11).

Tabela 11: Porosidade do solo ao longo do perfil

| Camada | Profundidade (cm) | Densidade do solo (Mg/m ³) | Densidade de partículas (Mg/m ³) | Porosidade do solo (%) |
|--------|-------------------|--|--|------------------------|
| 1 | 0 – 9 | 1.34729 | 2.65 | 49.2 |
| 2 | 9 – 21 | 1.37039 | 2.65 | 48.3 |
| 3 | 21 – 50 | 1.43729 | 2.65 | 45.8 |
| 4 | 50 – 88 | 1.60720 | 2.65 | 39.4 |
| 5 | 88 – 200 | 1.54436 | 2.65 | 41.7 |

4.3.3. Infiltração da água no solo

O solo do campo experimental da ESUDER, Pambarra II apresenta uma variação na sua velocidade de infiltração em relação ao tempo de infiltração, indicando valores elevados no início do teste da taxa de infiltração e diminuindo com o tempo ate atingir um valor quase constante, denominada de velocidade de infiltração básica (*VIB*), sendo na experiencia I 690 mm.h⁻¹, na experiencia II 890 mm.h⁻¹ e na experiencia III 640mm.h⁻¹, com tudo verificou se que o solo apresenta uma *VIB* muito rápida, pois, em todas as experiências (I, II, III) respectivamente, a *VIB* é maior que 250 mm.h⁻¹. De acordo com o critério de classificação da USDA (1951) citado por PARAHYBA *et al.*, (2006), solos com *VIB* maior que 250 mm.h⁻¹ são considerados solos com a *VIB* muito rápida (vide Figura 3 e Apêndice 7).

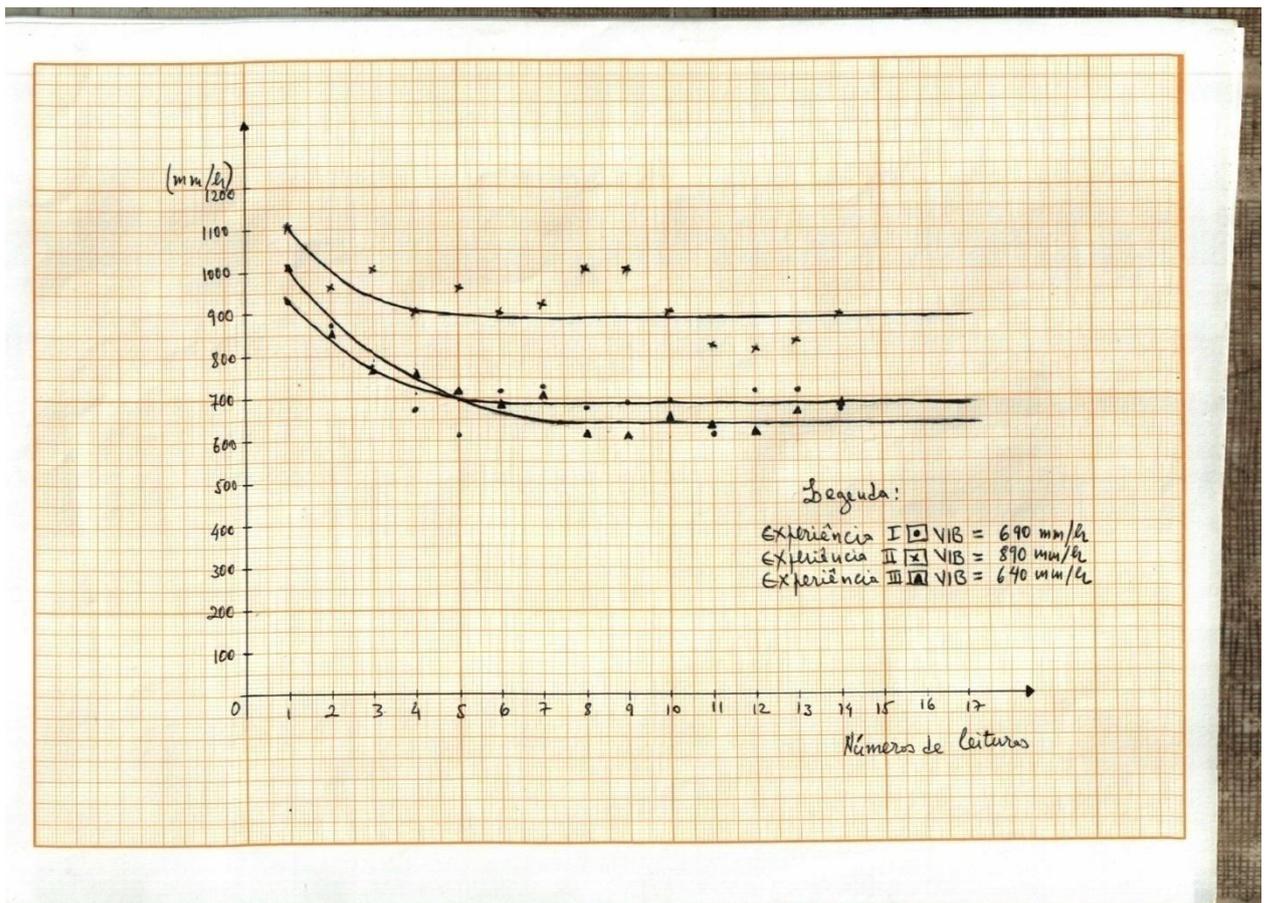


Figura 3: Gráfico de velocidade de infiltração básica (VIB)

4.3.4. Resistência penetrométrica do solo à capacidade de campo

A resistência penetrométrica do solo à capacidade de campo da ESUDER, Pambarra II varia de 0.61 a 1.52 MPa correspondente a profundidade de 0.10 m a 0.70 m respectivamente, onde, foi possível constatar que o solo tem uma resistência penetrométrica moderadamente baixa com a tendência de aumentar em função da profundidade, pois, a R_p sobre influência directa da densidade e a consistência do solo. De acordo com a classificação do SOIL SURVEY STAFF (USDA, 1993), solos com a R_p que varia de 0.1 a 1.0 MPa e 1.0 a 2.0 MPa são considerados solos de R_p moderadamente baixa, permitindo um bom crescimento/desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Consideram ainda ARSHAD *et al.*, (1996), o limite de 2 MPa como forte restrição ao crescimento radicular para muitas plantas anuais. (vide Figura 4 e Apêndice 8).

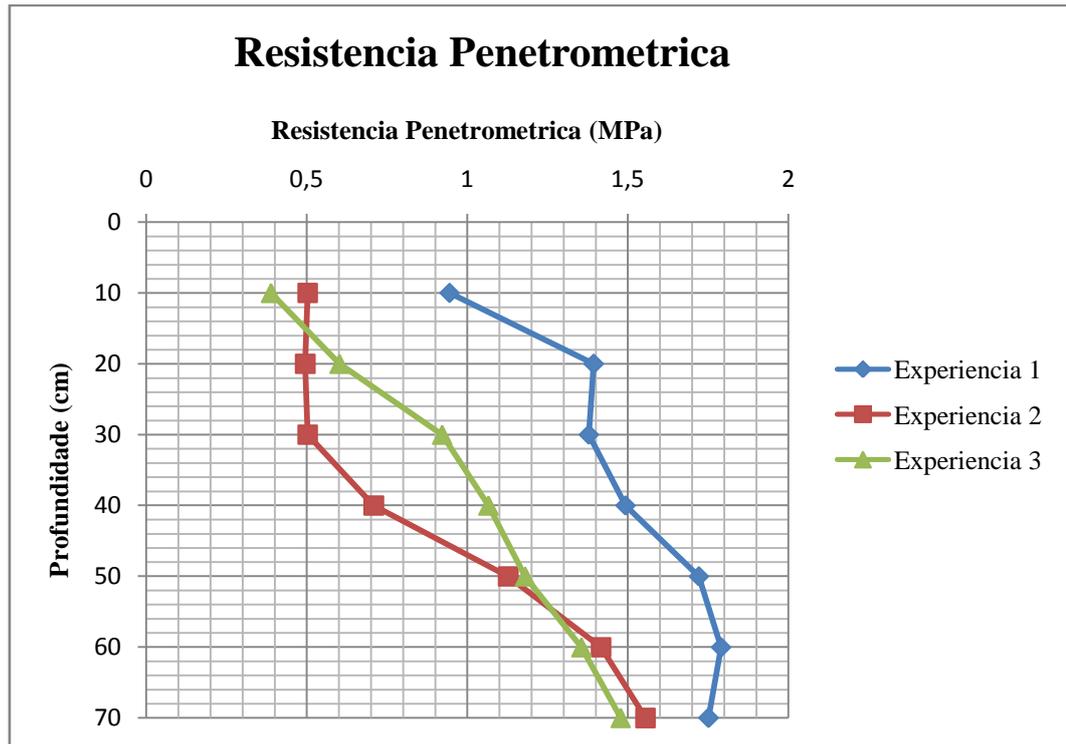


Figura 4: Gráfico da resistência penetrométrica do solo à capacidade de campo (MPa)

4.3.5. Capacidade de campo

A capacidade de campo do solo do campo experimental da ESUDER, Pambarra II apresenta uma variação ao longo das profundidades de 6.8 a 9.3 % por massa (6.8 a 9.3 g água/ 100 g de solo seco), pois esta relacionada com a textura do solo e teor de matéria orgânica presente no solo, influenciando, assim, de maneira diversa, o crescimento / desenvolvimento das plantas. De acordo com os estudos similares feitos NIELSEN (1980), citado por PRADO (1991), os solos franco-arenosos que apresentam na sua CC valores no intervalo de 3 a 9 % são considerados viáveis para o desenvolvimento das plantas (vide Tabela 12).

Tabela 12: Capacidade de campo do solo (Vide Apêndice 9).

| Profundidade (cm) | Capacidade de Campo (%) por massa | | | |
|----------------------|-----------------------------------|----------------|-----------------|------------|
| | Experiencia I | Experiencia II | Experiencia III | Media |
| 0 – 20 | 7.35 | 7.05 | 7.80 | 7.4 |
| 20 – 40 | 6.95 | 6.53 | 6.83 | 6.8 |
| 40 – 60 | 7.17 | 7.25 | 6.69 | 7.0 |
| 60 – 80 | 8.10 | 7.52 | 7.22 | 7.6 |
| 80 – 100 | 7.47 | 8.27 | 7.78 | 7.8 |
| 100 – 120 | 8.56 | 8.41 | 8.21 | 8.4 |
| 120 – 140 | 8.61 | 8.95 | 8.01 | 8.5 |
| 140 – 160 | 8.94 | 8.96 | 8.26 | 8.7 |
| 160 – 180 | 6.59 | 9.36 | 8.30 | 8.1 |
| 180 – 200 | 9.49 | 9.71 | 8.64 | 9.3 |

4.3.6. Ponto de murcha permanente

O ponto de murcha permanente do solo do campo experimental da ESUDER, Pambarra II apresenta uma variação ao longo das profundidades de 2.7 a 3.7 %. Os valores obtidos encontra se dentro do parâmetro considerados normais para solos com textura arenosa a franco-arenosa de acordo com a pesquisa feita por GHANBARIAN *et al.*, (2009) onde evidencia o *PMP*, para a referente classe textural do solo valor mínimo e máximo de 2.3 a 6.2 %, respectivamente. (vide Tabela 13).

Tabela 13: Ponto de murcha permanente do solo (Vide Apêndice 10)

| Profundidade (cm) | Ponto de murcha permanente (%) por massa | | | |
|----------------------|--|----------------|-----------------|------------|
| | Experiencia I | Experiencia II | Experiencia III | Media |
| 0 – 20 | 2.65 | 2.62 | 2.75 | 2.7 |
| 20 – 40 | 3.40 | 2.55 | 2.58 | 2.8 |
| 40 – 60 | 2.92 | 2.97 | 3.17 | 3.0 |
| 60 – 80 | 3.54 | 3.59 | 2.95 | 3.4 |
| 80 – 100 | 3.44 | 3.65 | 3.59 | 3.6 |
| 100 – 120 | 3.64 | 3.58 | 3.49 | 3.6 |
| 120 – 140 | 3.57 | 3.72 | 3.24 | 3.5 |
| 140 – 160 | 3.99 | 3.56 | 3.61 | 3.7 |
| 160 – 180 | 2.60 | 3.36 | 3.53 | 3.2 |
| 180 – 200 | 3.49 | 3.43 | 3.54 | 3.5 |

4.3.7. Água disponível

A água disponível do solo do campo experimental da ESUDER, Pambarra II apresenta uma variação ao longo das profundidades de 5.5 a 8.9 mm água/100 mm solo. A água disponível do solo em análise encontra-se dentro do parâmetro entre a capacidade de campo e ponto de murcha permanente. A partir desses limites, pode-se determinar a capacidade de armazenamento de água disponível no solo, considerando a profundidade do sistema radicular das plantas (BERGAMASCHI *et al.*, 1992) (vide Tabela 14).

Tabela 14: Água disponível no solo (Vide Apêndice 11)

| Profundidade (cm) | Disponibilidade da Água ($\text{mm água}/100 \text{ mm solo}$) | | | |
|----------------------|--|----------------|-----------------|------------|
| | Experiencia I | Experiencia II | Experiencia III | Media |
| 0 – 20 | 6.38636 | 6.01948 | 6.86194 | 6.4 |
| 20 – 40 | 4.98363 | 5.58728 | 5.96632 | 5.5 |
| 40 – 60 | 6.46956 | 6.51523 | 5.35832 | 6.1 |
| 60 – 80 | 7.32883 | 6.31630 | 6.86274 | 6.8 |
| 80 – 100 | 6.35039 | 7.28010 | 6.60252 | 6.7 |
| 100 – 120 | 7.59825 | 7.45926 | 7.28938 | 7.6 |
| 120 – 140 | 7.78357 | 8.07700 | 7.36659 | 7.7 |
| 140 – 160 | 7.64458 | 8.33954 | 7.18127 | 7.7 |
| 160 – 180 | 6.16200 | 9.26616 | 7.36659 | 7.6 |
| 180 – 200 | 9.26616 | 9.69858 | 7.87623 | 8.9 |

4.3.8. Condutividade hidráulica do solo saturado

O solo do campo experimental da ESUDER, Pambarra II apresenta uma condutividade hidráulica do solo saturado [media de todas as experiencias (I, II e III)] na profundidade 0 – 30 cm de 11.2 m. dia^{-1} sendo considerada muito rápida, e na profundidade de 30 – 90 cm de 4.4 m. dia^{-1} sendo considerada rápida. De acordo com COSTA (2006), a K_s que se encontra no intervalo entre 3 a 6 m. dia^{-1} e $> 6 \text{ m. dia}^{-1}$ é considerada rápida e muito rápida respectivamente.

A profundidade 0 – 30 cm de todas experienciais (I, II e III) apresenta em média um aumento de 2.3 cm nos buracos. A profundidade 30 – 90 cm de todas experienciais (I, II e III) apresenta em média um aumento de 18.4 cm, esta diferença provavelmente deve se a existência dos macroporos, matéria orgânica, etc.

Tabela 15: Condutividade hidráulica do solo saturado nas profundidades (0 – 30) e (30 – 90) cm (Vide Apêndice 12 e 13)

| Condutividade hidráulica do solo saturado na profundidade (0 – 30) cm | | | | | |
|---|----------------------|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--|
| Experiencia | Tempo (s) | Volume (m³) | Q (m³/s) | K_s (m/dia) | K_s média (m/dia) |
| I | 260 | 0.001 | 3.846153846 * 10 ⁻⁶ | 12.3 | |
| II | 298 | 0.001 | 3.355704698 * 10 ⁻⁶ | 10.7 | 11.2 |
| III | 300 | 0.001 | 3.333333333 * 10 ⁻⁶ | 10.7 | |
| Condutividade hidráulica do solo saturado na profundidade (30 – 90) cm | | | | | |
| Experiencia | Tempo (s) | Volume (m³) | Q (m³/s) | K_s (m/dia) | K_s média (m/dia) |
| I | 405 | 0.001 | 2.469135802 * 10 ⁻⁶ | 4.0 | |
| II | 362 | 0.001 | 2.762430939 * 10 ⁻⁶ | 4.5 | 4.4 |
| III | 355 | 0.001 | 2.816901408 * 10 ⁻⁶ | 4.6 | |

4.4. Propriedades químicas do solo

4.4.1. Potencial de hidrogénio (pH) do solo

O pH do solo usando água destilada (H₂O) varia de 5.34 a 8.34 apresentando propriedades pouco alcalinas em todas experiencias (I, II e III), exceptuando as profundidades de 100 – 120; 120 – 140; 140 – 160; 160 – 180; 180 – 200 cm da experiencia (III) que apresentam propriedade muito ácidas (vide Tabela 16).

O pH do solo usando 0.01 M CaCl₂ varia de 4.64 a 7.32, apresentando propriedades pouco acidas logo na profundidade de 0 – 20 cm e nas demais profundidades pouco alcalinas de todas as experiencias (I, II e III). Observa - se que nas profundidades de 100 – 120; 120 – 140; 140 – 160; 160 – 180; 180 – 200 cm da experiencia (III) o pH apresenta propriedades muito ácidas (vide Tabela 16).

Em suma os valores pH do solo do campo experimental da ESUDER, Pambarra II incluindo os pontos que delimitam a área são considerados óptimos para o desenvolvimento

das plantas. Pois de acordo com SULEIMAN (2012), o pH óptimo para o desenvolvimento das plantas para maioria dos solos agrícolas varia de 5.5 a 7.5.

Tabela 16: pH do solo (Potencial de Hidrogénio) com água destilada (H₂O) e 0.01 M cloreto de cálcio (CaCl₂). Vide Apêndice 14

| Profundidade (cm) | Potencial de Hidrogénio do solo com H ₂ O e CaCl ₂ | | | | | |
|----------------------|--|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | Experiencia I | | Experiencia II | | Experiencia III | |
| | H ₂ O | CaCl ₂ | H ₂ O | CaCl ₂ | H ₂ O | CaCl ₂ |
| 0 – 20 | 7.01 | 6.51 | 7.70 | 6.98 | 7.33 | 6.95 |
| 20 – 40 | 8.17 | 6.87 | 8.34 | 7.11 | 7.98 | 6.89 |
| 40 – 60 | 7.92 | 7.03 | 7.97 | 7.18 | 7.43 | 7.04 |
| 60 – 80 | 7.95 | 7.01 | 8.08 | 7.19 | 7.20 | 7.02 |
| 80 – 100 | 7.91 | 7.06 | 8.08 | 7.29 | 7.56 | 7.01 |
| 100 – 120 | 7.89 | 7.06 | 8.01 | 7.21 | 5.37 | 5.41 |
| 120 – 140 | 7.86 | 7.06 | 8.04 | 7.32 | 5.66 | 5.01 |
| 140 – 160 | 7.90 | 7.10 | 8.01 | 7.22 | 5.70 | 4.64 |
| 160 – 180 | 7.81 | 7.16 | 7.84 | 7.19 | 5.95 | 5.22 |
| 180 – 200 | 7.63 | 7.04 | 7.78 | 7.12 | 5.34 | 4.67 |

4.4.2. Condutividade eléctrica do extracto do solo saturado (salinidade)

Na profundidade de 0 – 20 cm da experiência (I) e na profundidade de 20 – 40 cm da experiência (II) foi possível verificar presença do teor de sais no solo, porém o nível de salinidade contido no solo não é prejudicial ao crescimento e rendimento das plantas. Nas restantes profundidades de todas experiências (I, II, III) não houve ocorrência do teor de sais no solo, pois os valores tendem a zero. Segundo abordagem do EMBRAPA (1997), o valor crítico de salinidade no solo é 4 mS.cm⁻¹ então, pode se constatar que o solo do campo experimental da ESUDER, Pambarra II não é salino, pois o nível de salinidade encontra se abaixo do valor crítico (vide Tabela 17).

Tabela 17: Condutividade eléctrica do extracto saturado (salinidade). Vide Apêndice 15

| Profundidade (cm) | Condutividade eléctrica do extracto saturado mS/cm | | |
|----------------------|--|---------------------|---------------------|
| | Experiencia I | Experiencia II | Experiencia III |
| 0 – 20 | 0.048 | – 0.049 \approx 0 | – 0.059 \approx 0 |
| 20 – 40 | – 0.068 \approx 0 | 0.038 | – 0.037 \approx 0 |
| 40 – 60 | – 0.078 \approx 0 | – 0.033 \approx 0 | – 0.083 \approx 0 |
| 60 – 80 | – 0.069 \approx 0 | – 0.057 \approx 0 | – 0.080 \approx 0 |
| 80 – 100 | – 0.053 \approx 0 | – 0.039 \approx 0 | – 0.061 \approx 0 |
| 100 – 120 | – 0.049 \approx 0 | – 0.043 \approx 0 | – 0.065 \approx 0 |
| 120 – 140 | – 0.054 \approx 0 | – 0.030 \approx 0 | – 0.092 \approx 0 |
| 140 – 160 | – 0.059 \approx 0 | – 0.044 \approx 0 | – 0.060 \approx 0 |
| 160 – 180 | – 0.022 \approx 0 | – 0.035 \approx 0 | – 0.049 \approx 0 |
| 180 – 200 | – 0.037 \approx 0 | – 0.051 \approx 0 | – 0.046 \approx 0 |

V. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusão

O solo do campo experimental da ESUDER, Pambarra II é uniforme e apresenta cinco camadas com um limite de separação entre camadas nítido a difuso ao longo da face do perfil, com uma topografia do limite da linha de transição plana.

O solo apresenta uma textura franco-arenosa, com uma coloração castanha avermelhado muito escura na parte superficial, mudando a tonalidade para vermelha à medida que a profundidade aumenta.

Possui uma estrutura do tipo grumoso a anisoforme anguloso, com uma classe de tamanho muito fino e grau simples a fraco. A consistência quanto à dureza apresenta uma grande variação em função da profundidade de solta a dura.

O solo apresenta ainda na face do perfil poucos poros médios e finos e poucas raízes médias, grosseiras e muito finas devido à existência de uma vegetação arbustiva. Uma densidade que varia de 1.35 a 1.61 Mg/m³ verificando, uma tendência de aumentar com a profundidade e uma diminuição na porosidade que varia de 49.2 a 39.4%.

O solo apresenta uma velocidade de infiltração básica muito rápida que varia de 690 mm.h⁻¹, 890 mm.h⁻¹, e 640 mm.h⁻¹ e uma condutividade hidráulica do solo saturado rápida a muito rápida que varia de 4.4 m/dia na profundidade de 30 – 90 cm e 11.2 m/dia na profundidade 0 – 30 cm.

A resistência à penetração no solo na condição da capacidade de campo é moderadamente baixa que varia de 0.61 a 1.52 MPa permitindo um bom desenvolvimento do sistema radicular, a capacidade de campo varia de 6.4 a 8.7 % por massa, o ponto de murcha permanente varia de 2.7 a 3.7 % por massa e a disponibilidade de água no solo varia de 5.5 a 7.8 mm água/100 mm solo ao longo do perfil.

O solo apresenta ainda teor de sais muito abaixo do nível de salinidade considerado crítico para o desenvolvimento das plantas.

O pH do solo usando água destilada (H₂O) na proporção de (1:2.5) é pouco alcalino, exceptuando as profundidades de 100 – 120; 120 – 140; 140 – 160; 160 – 180; 180 – 200 cm da experiencia (III) que são muito ácido.

O pH do solo usando 0.01 M CaCl₂ varia de 4.64 a 7.32, apresentando propriedades pouco ácidas. Observa - se que nas profundidades de 100 – 120; 120 – 140; 140 – 160; 160 – 180; 180 – 200 cm da experiencia (III) o pH apresenta propriedades muito ácidas.

5.2. Recomendações

Recomenda – se aos agricultores:

- ✓ Que na implementação duma determinada cultura há que ter em conta o comportamento da mesma em relação ao seu manejo para posterior adopção do método adequado para o manejo do solo de modo a obter um bom rendimento na produção.
- ✓ Que tome em consideração os valores da velocidade de infiltração básica e da condutividade hidráulica do solo no processo de dimensionamento de sistema de rega e drenagem de água no solo evitando perdas e o excesso de água no solo.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

ARSHARD, M. A. *et al.*, (1996). Physical Test for Monitoring Soil Quality In: DORAN, S.W. & JONES, A. J. eds. Methods for Assessing Soil Quality. Madison, Soil Science Society of America.

BERGAMASCHI, H. *et al.*, (1992). Agrometeorologia aplicada à irrigação. Porto Alegre: Editora da Universidade, 125 p.

BOHN, H. L. *et al.* (1985). Soil Chemistry. New York, JOHN WILLEY & SONS. 341p.

BRITO. A.S. *et al.*, (2011). Estimativa da capacidade de campo pela curva de retenção e pela densidade de fluxo da água. Ci Solo. R. Brasil. 35:1939 – 1948.

CAMARGO, O. A. & ALLEONI, L. R. F. (1997). Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas. Piracicaba, São Paulo, 132 p.

CHRISTOFIDIS, D. (1999). Situação das áreas irrigadas: métodos e equipamentos de irrigação: Brasil. Brasília: UnB, 26 p.

COELHO, R. D. *et al.*, (1992). Velocidade de Infiltração de Água no Solo - Aspectos Práticos: infiltrômetros de Anéis x infiltrômetros de Aspersiones. XXXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Santa Maria – RS.

COSTA., R. N. T. (2004). Condutividade hidráulica do solo saturado. Departamento de engenharia agrícola. Universidade federal do ceará – ufc.

CUNHA, J. P. A. R. *et al.*, (2002). Resistência do solo à penetração sob diferentes densidades e teores de água. Engenharia na Agricultura, Viçosa, v.10, p.1 – 4.

EICHARDT, K. (1990). Capacidade de campo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, vol.12, n.13, 211 – 216 pp.

EMBRAPA (1997). Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio De Janeiro, RJ). Manual De Métodos de Análise de Solo, vol. 23, n.3, 97 – 107 pp.

EMBRAPA. (2003). Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos Rio de Janeiro, 526 p.

EMBRAPA. (2011). Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação Enfoque na Região Semiárida. 2 ed. Rio de Janeiro.

EUDOXIE, G. D & CARTER. (2006). Evaluation of a Direct Field Method of Soil Salinity Appraisal. (Caribbean Academy of Sciences), Faculty of Science and Agriculture. University of West Indies, (Trinidad).

FACULDADE DE AGRONOMIA E CIÊNCIAS FLORESTAIS, FAEF (1998). Rega e Drenagem. Maputo, Mocambique.

FLORES, C.A. *et al.*, (2008). Recuperação da qualidade estrutural, de um Argissolo Vermelho. Revista Ciência Rural, Santa Maria, v.38, n.8, p.2164-2172, Nov.,

GHANBARIAN, A. & MILLÁN, H. (2009). The relationship between surface fractal dimension and soil water content at permanent wilting point. In: *Geoderma*, Ed. 151, p.224-232.

GOVERNO DO DISTRITO DE VILANKULO, GDV (2005). Plano de Desenvolvimento Distrital, Inhambane. Mocambique.

GUARIZ, H. R. *et al.*, (2009). Variação da umidade e da densidade do solo sob diferentes coberturas vegetais. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 7709 – 7716 pp.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGAÇÃO AGRÁRIA, INIA (1995). Manual para a descrição do solo e codificação para o banco de dados. 1^ª ed. Maputo.

ISHAQ, M. *et al.*, (2001). Subsoil compaction effects on crops in Punjab, Pakistan: II. Root growth and nutrient uptake of wheat and sorghum. Soil and Tillage Research, Amsterdam, v. 60, n.1, p. 153 – 161.

JUNIOR, J. A. L. & SILVA, A. L. P. (2010). Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos.

LEMOS, R. C. & SANTOS, R. D. (1996). Manual de descrição e colecta de solo no campo. 3ª ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 84 p.

LEPSCH, I. F. (2002). Formação e Conservação Dos Solos. Oficina de Textos. São Paulo.

LIBARDI, P. L. *et al.*, (1996). Variabilidade da humidade gravimétrica de um solo hidromórfico. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 20, n. 1, p. 1-12, jan. / abr.

LIMA, D. G. (2002). Efeito de diferentes matérias no pH do solo. Scientia Agricola, Piracicaba - SP, 49p.

LIMA, V. C. *et al.*, (2007). O solo no meio ambiente. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Curitiba.

MINISTÉRIO DA ADMINISTRAÇÃO ESTATAL (MAE), (2005). Perfil do Distrito de Vilanculos: Província de Inhambane. Moçambique

NEVES, C. M. N. *et al.*, (2007). Atributos indicadores da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do estado de Minas Gerais. Scientia Forestalis, Piracicaba, n. 74, n. 2, p. 45-53, Junho.

PAIXÃO, F.J.R. *et al.*, (2004). Estimativa da Infiltração da Água no Solo Através de Modelos Empíricos e Funções não Lineares. Revista de Biologia e Ciência da Terra. Vol. 5 - Nº. 01.

PALMIER, I. F. & LARACH, I. O. (1996). Pedologia e Geomorfologia. Ln: Geologia e Meio Ambiente. Orgs. A. T. Guerra e S. B. Cunha. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 59 – 122.

PARAIBYBA *et al.*, (2006). Comportamento Físico – Hídrico de Solos da Bacia do Tucano – BA. Embrapa Solos UEP. Recife.

PEQUENO, P. L. (2011). Noções básicas de uso e manejo do solo, porto Velho. Edufro. (editora da fundação Universidade Federal de Rondonia) 90 p. IL

PRADO, H. (1991). Manejo dos Solos – aspectos pedológicos e suas implicações. 2 Edição, Nobel - São Paulo, 116 p.

PRADO, H. (1995). Solos Tropicais - potencialidades, limitações, manejo e capacidade do uso. Piracicaba, 166 p.

PREVEDELLO, C. L. (1996). Física do solo com problemas resolvidos. Curitiba, 446 p.

PRIMAVESI, A. (2002). Manejo ecológico do solo: Agricultura em regiões tropicais. 9ª ed., São Paulo, Livraria Nobel, p, 444, 454, 456.

RAÚJO, M. A. *et al.*, (2004). Propriedades físicas de um latossolo vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 28, p. 337 – 345.

REICHARDT, K. & TIMM, L. C. (2004). Solo, Planta e Atmosfera: conceitos, processos e aplicações. São Paulo: Editora Manole, 478 p.

REICHERT, J. M. *et al.*, (2003). Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. Revista Ciência & Ambiente, Santa Maria, n. 27, p. 29- 48.

REINERT, D. J., & REICHERT, J. M, (2006). Propriedades físicas do solo. Centro de Ciências Rurais. Santa Maria. Brasil.

RICHARDT, A. *et al.*, (2005). Compactação de solo: Causas e efeitos. Ciências Agrárias, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321 – 344.

SANTOS, R. D. *et al.*, (2005). Manual de descrição e colecta de solo no campo. 5^a.ed. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 100p

SILVA, A. *et al.*, (2008). Funções de pedotransferência para as curvas de retenção de água e de resistência do solo à penetração. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.1-10.

SILVA, A. S. (1994). Sistemas pressurizados de irrigação: aspersão convencional localizada. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 257 p.

SILVA, F. *et al.*, (2011). Caracterização morfológica dos solos em três propriedades rurais, no Travessão das 6 e 8 no município de Brasil Novo – PA. vol. 14, n.3, 645 – 663 p p.

SOIL SURVEY DIVISION STAFF., USDA, (1993). Soil Survey Manual. Handb. No. 18. GPO, Washington, DC.

SULEIMAN, K. (2012). Análise química de solos. Embrapa. São Paulo. Brasil.

TEIXEIRA, W. *et al.*, (2009). Decifrando a Terra – 2^a edição. Companhia Editora Nacional. São Paulo.

THIEN, S.J. (1979). A flow diagram for teaching texture by feel analysis. Journal of Agronomic Education. 8: 54 – 55.

THOMPSON, L. M. & TROEH, F. R. (2007). Solos e Fertilidade dos Solos. Editora Andrei. São Paulo.

USDA. (1979). Soil Conservation Service. A flow diagram for teaching texture by feel analysis. Journal of Agronomic Education. 8: 54 – 55.

VEPRASKAS, A. (1994). Produtividade dos Solos e o meio Ambiente. Escolar 2^ª Ed. Madeira., LISBOA.

APÊNDICES E ANEXOS

Apêndice 1: Conversão das coordenadas em modelo – SPGC Inhambane para Geographic/UTM Coordinate Converter

| Pontos | Coordenadas em modelo – SPGC Inhambane | | Geographic/UTM (Universal Transverse Mercator) Coordinate Converter | |
|---------------|---|--------------|--|----------------|
| 1 | X | 716893.0000 | Este | 35° 5' 59.7'' |
| | Y | 7573139.0000 | Sul | 21° 55' 57.6'' |
| 2 | X | 717020.0000 | Este | 35° 6' 4.3'' |
| | Y | 7572609.0000 | Sul | 21° 56' 14.8 |
| 3 | X | 717505.0000 | Este | 35° 6' 21.0'' |
| | Y | 7573011.0000 | Sul | 21° 56' 1.5'' |
| 4 | X | 717484.0000 | Este | 35° 3' 20.1'' |
| | Y | 7573438.0000 | Sul | 21° 55' 47.6'' |

Apêndice 2: cilindro de orientação



Apêndice 3: Laboratório de humidade



**Apêndice 4: Instrumento para medição da condutividade hidráulica do solo saturado
(Instrumento de Vine)**



Apêndice 5: Descrição da cor usando scan do livro de cores padrão comparados ao livro de cores padrão

| Camada | Profundidade (cm) | Scan do livro de cores padrão | | | Livro de cores padrão | | |
|--------|----------------------|-------------------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|
| | | Matiz | Valor | Croma | Matiz | Valor | Croma |
| 1 | 0 – 9 | 5YR | 4 | 1 | 2.5YR | 2 | 2 |
| 2 | 9 – 21 | 5YR | 5 | 1 | 2.5YR | 3 | 2 |
| 3 | 21 – 50 | 2.5YR | 5 | 4 | 2.5YR | 5 | 6 |
| 4 | 50 – 88 | 2.5YR | 5 | 6 | 2.5YR | 5 | 8 |
| 5 | 88 – 200 | 2.5YR | 5 | 8 | 10 R | 4 | 8 |

Apêndice 6: Valores da densidade do solo ao longo do perfil

| Densidade do solo Experiencia I | | | | |
|--|------------------------------|----------------------|--|---|
| Camada | Profundidade (cm) | Peso seco (g) | Volume do cilindro(m³) | Densidade (Mg/m³) |
| 1 | 0 – 9 | 334.07 | 0.00024462 | 1.36567 |
| 2 | 9 – 21 | 321.19 | 0.00024462 | 1.31302 |
| 3 | 21 – 50 | 343.47 | 0.00024462 | 1.40410 |
| 4 | 50 – 88 | 423.52 | 0.00024462 | 1.73134 |
| 5 | 88 – 200 | 380.94 | 0.00024462 | 1.55727 |

| Densidade do solo Experiencia II | | | | |
|---|------------------------------|----------------------|--|---|
| Camada | Profundidade (cm) | Peso seco (g) | Volume do cilindro(m³) | Densidade (Mg/m³) |
| 1 | 0 – 9 | 342.63 | 0.00024462 | 1.40066 |
| 2 | 9 – 21 | 363.49 | 0.00024462 | 1.48594 |
| 3 | 21 – 50 | 345.79 | 0.00024462 | 1.41358 |
| 4 | 50 – 88 | 372.47 | 0.00024462 | 1.52265 |
| 5 | 88 – 200 | 358.44 | 0.00024462 | 1.46529 |

| Densidade do solo Experiencia III | | | | |
|--|------------------------------|----------------------|--|---|
| Camada | Profundidade (cm) | Peso Seco (g) | Volume do cilindro(m³) | Densidade (Mg/m³) |
| 1 | 0 – 9 | 310.57 | 0.00024462 | 1.26960 |
| 2 | 9 – 21 | 307.16 | 0.00024462 | 1.25566 |
| 3 | 21 – 50 | 343.07 | 0.00024462 | 1.40246 |
| 4 | 50 – 88 | 383.14 | 0.00024462 | 1.56627 |

| | | | | |
|----------|----------|--------|------------|---------|
| 5 | 88 – 200 | 372.78 | 0.00024462 | 1.52391 |
|----------|----------|--------|------------|---------|

Densidade do solo Experiencia IV

| Camada | Profundidade (cm) | Peso seco (g) | Volume do cilindro(m³) | Densidade (Mg/m³) |
|---------------|------------------------------|--------------------------|--|---|
| 1 | 0 – 9 | 331.03 | 0.00024462 | 1.35324 |
| 2 | 9 – 21 | 349.06 | 0.00024462 | 1.42695 |
| 3 | 21 – 50 | 374.03 | 0.00024462 | 1.52902 |
| 4 | 50 – 88 | 393.48 | 0.00024462 | 1.60854 |
| 5 | 88 – 200 | 398.97 | 0.00024462 | 1.63098 |

Apêndice 7: Valores da taxa de infiltração da água no solo

| N ° leitura | Quantidade Infiltrada (mm) | Taxa de infiltração da água no solo(mm/h) | | |
|--------------------|---------------------------------------|--|-----------------------|------------------------|
| | | Experiencia I | Experiencia II | Experiencia III |
| 1 | 20.00 | 939 | 1133 | 1042 |
| 2 | 20.00 | 870 | 958 | 851 |
| 3 | 20.00 | 786 | 1048 | 780 |
| 4 | 20.00 | 675 | 912 | 775 |
| 5 | 20.00 | 617 | 962 | 725 |
| 6 | 20.00 | 726 | 905 | 696 |
| 7 | 20.00 | 739 | 929 | 715 |
| 8 | 20.00 | 680 | 1068 | 626 |
| 9 | 20.00 | 691 | 1063 | 615 |
| 10 | 20.00 | 698 | 908 | 654 |
| 11 | 20.00 | 619 | 837 | 631 |
| 12 | 20.00 | 729 | 830 | 626 |
| 13 | 20.00 | 731 | 837 | 665 |
| 14 | 20.00 | 670 | 901 | 684 |

Apêndice 8: Valores da resistência penetrométrica do solo à capacidade de campo

| Resistência penetrométrica do solo (MPa) Experiencia I | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|---------|-------|-------|----------|-------------|
| Prof | L_1 | L_2 | L_3 | L_4 | L_5 | \bar{X} (kg) | F (N) | S^2 | S | CV (%) | R_p (MPa) |
| . | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | – | – | – | – | – | – |
| 10 | 12 | 12.5 | 10.5 | 13 | 14 | 12.4 | 121.644 | 1.340 | 1.157 | 9.34 | 0.94432 |
| 20 | 17 | 15.5 | 18 | 21 | 20 | 18.3 | 179.523 | 3.960 | 1.990 | 10.87 | 1.39363 |
| 30 | 17 | 13 | 18.5 | 20 | 22 | 18.1 | 177.561 | 9.240 | 3.040 | 16.79 | 1.37811 |
| 40 | 17.5 | 17 | 21 | 21.5 | 21 | 19.6 | 192.276 | 3.740 | 1.934 | 9.87 | 1.49264 |
| 50 | 21.5 | 23 | 21.5 | 23 | 24 | 22.6 | 221.706 | 0.940 | 0.970 | 4.29 | 1.72110 |
| 60 | 22 | 25 | 23.5 | 24.5 | 22.5 | 23.5 | 230.535 | 1.300 | 1.140 | 4.85 | 1.78964 |
| 70 | 20.5 | 25 | 22.5 | 25 | 22 | 23 | 225.630 | 3.100 | 1.761 | 7.66 | 1.75156 |

| Resistência penetrométrica do solo (MPa) Experiencia II | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|---------|--------|-------|----------|-------------|
| Prof. | L_1 | L_2 | L_3 | L_4 | L_5 | \bar{X} (kg) | F (N) | S^2 | S | CV (%) | R_p (MPa) |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | – | – | – | – | – | – |
| 10 | 9 | 8 | 6 | 5.5 | 4.5 | 6.6 | 64.746 | 2.740 | 1.655 | 25.08 | 0.50262 |
| 20 | 8 | 8.5 | 7 | 4 | 5 | 6.5 | 63.765 | 3.000 | 1.732 | 26.65 | 0.49501 |
| 30 | 8 | 7 | 4 | 9 | 5 | 6.6 | 64.746 | 3.440 | 1.855 | 28.10 | 0.50262 |
| 40 | 7 | 8.5 | 4.5 | 14.5 | 12 | 9.3 | 91.233 | 12.660 | 3.558 | 38.26 | 0.70824 |
| 50 | 10 | 16 | 16 | 19.5 | 12.5 | 14.8 | 145.188 | 10.660 | 3.265 | 22.06 | 1.12709 |
| 60 | 16 | 17 | 20 | 20 | 20 | 18.6 | 182.466 | 3.040 | 1.744 | 9.37 | 1.41648 |
| 70 | 19.5 | 20 | 22.5 | 20 | 20 | 20.41 | 200.222 | 1.140 | 1.068 | 5.23 | 1.55432 |

| Resistência penetrométrica do solo (MPa) Experiencia III | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|---------|-------|-------|----------|-------------|
| Prof. | L_1 | L_2 | L_3 | L_4 | L_5 | \bar{X} (kg) | F (N) | S^2 | S | CV (%) | R_p (MPa) |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | – | – | – | – | – | – |
| 10 | 4 | 3 | 7 | 6 | 5.5 | 5.1 | 50.031 | 2.040 | 1.428 | 28.01 | 0.38839 |
| 20 | 10 | 5 | 7.5 | 9.5 | 7.5 | 7.9 | 77.499 | 3.140 | 1.772 | 22.43 | 0.60162 |

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|---------|--------|-------|-------|---------|
| 30 | 14.5 | 10 | 11.5 | 12.5 | 12 | 12.1 | 118.701 | 2.140 | 1.463 | 12.09 | 0.92147 |
| 40 | 13 | 14.5 | 13 | 13 | 16.5 | 14 | 137.340 | 1.900 | 1.378 | 9.85 | 1.06617 |
| 50 | 12 | 16.5 | 17.5 | 15 | 16.5 | 15.5 | 152.055 | 3.700 | 1.924 | 12.41 | 1.18040 |
| 60 | 13 | 22 | 21.5 | 17.5 | 15 | 17.8 | 174.618 | 12.460 | 3.530 | 19.83 | 1.35556 |
| 70 | 14.5 | 23 | 21.5 | 19.5 | 18.5 | 19.4 | 190.314 | 8.440 | 2.905 | 14.98 | 1.47741 |

Apêndice 9: Valores de capacidade de campo (%) por massa

| Profundidade (cm) | Capacidade de campo (%) por massa | | | | | CC = $\frac{P. H_2O}{p. seco sem lata}$ |
|----------------------|-----------------------------------|-----------|----------|---------------------|--|---|
| | Experiencia I | | | | | |
| | P. Lata | P. Húmido | P. Seco | P. H ₂ O | | |
| | | com lata | com lata | | | |
| 0 – 20 | 30.20 | 135.48 | 128.27 | 7.21 | | 7.35 |
| 20 – 40 | 28.24 | 145.74 | 138.10 | 7.64 | | 6.95 |
| 40 – 60 | 29.11 | 150.65 | 142.52 | 8.13 | | 7.17 |
| 60 – 80 | 28.02 | 124.77 | 117.52 | 7.25 | | 8.10 |
| 80 – 100 | 30.05 | 115.81 | 109.85 | 5.96 | | 7.47 |
| 100 – 120 | 29.65 | 140.84 | 132.07 | 8.77 | | 8.56 |
| 120 – 140 | 29.36 | 132.13 | 123.98 | 8.15 | | 8.61 |
| 140 – 160 | 27.34 | 133.47 | 124.76 | 8.71 | | 8.94 |
| 160 – 180 | 27.92 | 136.17 | 129.48 | 6.69 | | 6.59 |
| 180 – 200 | 28.93 | 130.49 | 121.69 | 8.80 | | 9.49 |

| Profundidade (cm) | Capacidade de campo (%) por massa | | | | | CC = $\frac{P. H_2O}{p. seco sem lata}$ |
|----------------------|-----------------------------------|-----------|----------|---------------------|--|---|
| | Experiencia II | | | | | |
| | P. Lata | P. Húmido | P. Seco | P. H ₂ O | | |
| | | com lata | com lata | | | |
| 0 – 20 | 29.77 | 135.28 | 128.33 | 6.95 | | 7.05 |
| 20 – 40 | 28.96 | 149.29 | 141.91 | 7.38 | | 6.53 |
| 40 – 60 | 30.84 | 152.24 | 144.03 | 8.21 | | 7.25 |
| 60 – 80 | 30.02 | 126.91 | 120.13 | 6.78 | | 7.52 |

| | | | | | |
|------------------|-------|--------|--------|-------|------|
| 80 – 100 | 29.73 | 124.75 | 117.49 | 7.26 | 8.27 |
| 100 – 120 | 29.80 | 130.72 | 122.89 | 7.83 | 8.41 |
| 120 – 140 | 30.25 | 134.40 | 125.84 | 8.56 | 8.95 |
| 140 – 160 | 29.19 | 150.90 | 140.89 | 10.01 | 8.96 |
| 160 – 180 | 28.72 | 160.38 | 149.11 | 11.27 | 9.36 |
| 180 – 200 | 29.22 | 163.04 | 151.20 | 11.84 | 9.71 |

| Profundidade (cm) | Capacidade de campo (%) por massa | | | | |
|------------------------------|--|-----------------------|---------------------|---------------------|---|
| | Experiencia III | | | | $CC = \frac{P. H_2O}{p. seco sem lata}$ |
| | P. Lata | P. Húmido com lata | P. Seco com lata | P. H ₂ O | |
| 0 – 20 | 29.04 | 154.91 | 145.82 | 9.11 | 7.80 |
| 20 – 40 | 29.42 | 137.36 | 130.46 | 6.90 | 6.83 |
| 40 – 60 | 29.84 | 136.09 | 129.43 | 6.66 | 6.69 |
| 60 – 80 | 29.77 | 132.33 | 125.42 | 6.91 | 7.22 |
| 80 – 100 | 30.09 | 143.29 | 135.12 | 8.17 | 7.78 |
| 100 – 120 | 28.88 | 143.14 | 134.47 | 8.67 | 8.21 |
| 120 – 140 | 31.40 | 155.95 | 146.71 | 9.24 | 8.01 |
| 140 – 160 | 30.68 | 135.49 | 127.49 | 8.00 | 8.26 |
| 160 – 180 | 29.27 | 137.29 | 129.01 | 8.28 | 8.30 |
| 180 – 200 | 31.46 | 147.95 | 138.69 | 9.26 | 8.64 |

Apêndice 10: Valores de ponto de murcha permanente (%) por massa

| Ponto de murcha permanente | | | | | |
|-----------------------------------|---------------------|--------------------|----------------|----------------------------|----------------|
| Experiencia I | | | | | |
| Profundidade | P. Húmido | P. Seco com | P. Lata | $PMP = \frac{Ph - PS}{PS}$ | PMP (%) |
| (cm) | com lata (g) | lata (g) | (g) | | |
| 0 – 20 | 122.64 | 120.24 | 29.66 | 0.026495915 | 2.65 |
| 20 – 40 | 116.51 | 113.71 | 31.27 | 0.033964095 | 3.40 |
| 40 – 60 | 109.40 | 107.14 | 29.68 | 0.029176349 | 2.92 |
| 60 – 80 | 140.76 | 136.96 | 29.62 | 0.035401527 | 3.54 |
| 80 – 100 | 112.86 | 110.08 | 29.24 | 0.034388916 | 3.44 |
| 100 – 120 | 105.78 | 103.18 | 31.76 | 0.036404368 | 3.64 |
| 120 – 140 | 118.53 | 115.47 | 29.67 | 0.035664335 | 3.57 |
| 140 – 160 | 135.35 | 131.30 | 29.68 | 0.039854359 | 3.99 |
| 160 – 180 | 111.44 | 109.37 | 29.70 | 0.025982176 | 2.60 |
| 180 – 200 | 100.27 | 97.90 | 30.05 | 0.034929992 | 3.49 |

| Ponto de murcha permanente | | | | | |
|-----------------------------------|---------------------|--------------------|----------------|----------------------------|----------------|
| Experiencia II | | | | | |
| Profundidade | P. Húmido | P. Seco com | P. Lata | $PMP = \frac{Ph - PS}{PS}$ | PMP (%) |
| (cm) | com lata (g) | lata (g) | (g) | | |
| 0 – 20 | 110.52 | 108.47 | 30.26 | 0.026211481 | 2.62 |
| 20 – 40 | 125.22 | 122.85 | 30.02 | 0.025530539 | 2.55 |
| 40 – 60 | 134.62 | 131.65 | 31.77 | 0.029735682 | 2.97 |
| 60 – 80 | 124.62 | 122.31 | 30.01 | 0.035861321 | 3.59 |
| 80 – 100 | 134.29 | 130.60 | 29.48 | 0.036491297 | 3.65 |
| 100 – 120 | 134.79 | 131.21 | 31.29 | 0.035828662 | 3.58 |
| 120 – 140 | 160.78 | 156.08 | 29.74 | 0.037201203 | 3.72 |
| 140 – 160 | 137.63 | 133.88 | 28.68 | 0.035646387 | 3.56 |
| 160 – 180 | 116.12 | 113.37 | 31.41 | 0.033552952 | 3.36 |

| | | | | | |
|------------------|--------|--------|-------|-------------|------|
| 180 – 200 | 123.37 | 120.27 | 29.88 | 0.034295829 | 3.43 |
|------------------|--------|--------|-------|-------------|------|

Ponto de murcha permanente

Experiencia III

| Profundidade (cm) | P. Húmido com lata (g) | P. Seco com lata (g) | P. Lata (g) | $PMP = \frac{Ph - PS}{PS}$ | PMP (%) |
|------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------|----------------------------|----------------|
| 0 – 20 | 118.90 | 116.51 | 29.69 | 0.027528219 | 2.75 |
| 20 – 40 | 122.11 | 119.77 | 29.15 | 0.025822114 | 2.58 |
| 40 – 60 | 100.70 | 98.55 | 30.66 | 0.031668876 | 3.17 |
| 60 – 80 | 131.56 | 128.65 | 29.99 | 0.029495236 | 2.95 |
| 80 – 100 | 104.26 | 101.69 | 30.02 | 0.035858797 | 3.59 |
| 100 – 120 | 118.30 | 115.29 | 29.15 | 0.034943115 | 3.49 |
| 120 – 140 | 112.87 | 110.25 | 29.48 | 0.032437786 | 3.24 |
| 140 – 160 | 120.71 | 117.60 | 31.42 | 0.036087259 | 3.61 |
| 160 – 180 | 110.03 | 107.29 | 29.61 | 0.035272914 | 3.53 |
| 180 – 200 | 132.58 | 129.05 | 29.26 | 0.035374286 | 3.54 |

Apêndice 11: Valores da água disponível no solo

| Água disponível no solo ($\text{mm água}/100\text{mm solo}$) | | | | | |
|--|-----------------------------|------------------------------|-----------------|--|----------------------------|
| Experiencia I | | | | | |
| Profundidade (cm) | CC (%) por massa | PMP (%) por massa | CC – PMP | Densidade (kg/m^3) | Água Disponível |
| 0 – 20 | 7.35 | 2.65 | 4.70 | 1358.80 | 6.38636 |
| 20 – 40 | 6.95 | 3.40 | 3.55 | 1403.84 | 4.98363 |
| 40 – 60 | 7.17 | 2.92 | 4.25 | 1522.25 | 6.46956 |
| 60 – 80 | 8.10 | 3.54 | 4.56 | 1607.20 | 7.32883 |
| 80 – 100 | 7.47 | 3.44 | 4.03 | 1575.78 | 6.35039 |
| 100 – 120 | 8.56 | 3.64 | 4.92 | 1544.36 | 7.59825 |
| 120 – 140 | 8.61 | 3.57 | 5.04 | 1544.36 | 7.78357 |
| 140 – 160 | 8.94 | 3.99 | 4.95 | 1544.36 | 7.64458 |
| 160 – 180 | 6.59 | 2.60 | 3.99 | 1544.36 | 6.16200 |
| 180 – 200 | 9.49 | 3.49 | 6.00 | 1544.36 | 9.26616 |

| Água disponível no solo ($\text{mm água}/100\text{mm solo}$) | | | | | |
|--|-----------------------------|------------------------------|-----------------|--|----------------------------|
| Experiencia II | | | | | |
| Profundidade (cm) | CC (%) por massa | PMP (%) por massa | CC – PMP | Densidade (kg/m^3) | Água Disponível |
| 0 – 20 | 7.05 | 2.62 | 4.43 | 1358.80 | 6.01948 |
| 20 – 40 | 6.53 | 2.55 | 3.98 | 1403.84 | 5.58728 |
| 40 – 60 | 7.25 | 2.97 | 4.28 | 1522.25 | 6.51523 |
| 60 – 80 | 7.52 | 3.59 | 3.93 | 1607.20 | 6.31630 |
| 80 – 100 | 8.27 | 3.65 | 4.62 | 1575.78 | 7.28010 |
| 100 – 120 | 8.41 | 3.58 | 4.83 | 1544.36 | 7.45926 |
| 120 – 140 | 8.95 | 3.72 | 5.23 | 1544.36 | 8.07700 |

| | | | | | |
|------------------|------|------|------|---------|---------|
| 140 – 160 | 8.96 | 3.56 | 5.40 | 1544.36 | 8.33954 |
| 160 – 180 | 9.36 | 3.36 | 6.00 | 1544.36 | 9.26616 |
| 180 – 200 | 7.05 | 3.43 | 6.28 | 1544.36 | 9.69858 |

Água disponível no solo ($\frac{\text{mm água}}{100\text{mm solo}}$)

Experiencia III

| Profundidade (cm) | CC (%) por massa | PMP (%) por massa | CC – PMP | Densidade ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$) | Água Disponível |
|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------|--|----------------------------|
| 0 – 20 | 7.80 | 2.75 | 5.05 | 1358.80 | 6.86194 |
| 20 – 40 | 6.83 | 2.58 | 4.25 | 1403.84 | 5.96632 |
| 40 – 60 | 6.69 | 3.17 | 3.52 | 1522.25 | 5.35832 |
| 60 – 80 | 7.22 | 2.95 | 4.27 | 1607.20 | 6.86274 |
| 80 – 100 | 7.78 | 3.59 | 4.19 | 1575.78 | 6.60252 |
| 100 – 120 | 8.21 | 3.49 | 4.72 | 1544.36 | 7.28938 |
| 120 – 140 | 8.01 | 3.24 | 4.77 | 1544.36 | 7.36659 |
| 140 – 160 | 8.26 | 3.61 | 4.65 | 1544.36 | 7.18127 |
| 160 – 180 | 8.30 | 3.53 | 4.77 | 1544.36 | 7.36659 |
| 180 – 200 | 8.64 | 3.54 | 5.10 | 1544.36 | 7.876234 |

Apêndice 12: Valores de tempo para condutividade hidráulica do solo saturado na profundidade de 0 – 30 e 30 – 90 cm.

| Condutividade hidráulica do solo saturado na profundidade de 0 – 30 cm. | | | | |
|--|-------------------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------|
| N ° de leituras | Volume (m³) | Tempo de leituras (s) | | |
| | | Experiencia I | Experiencia II | Experiencia III |
| 1 | 0.001 | 217 | 191 | 238 |
| 2 | 0.001 | 233 | 203 | 245 |
| 3 | 0.001 | 245 | 208 | 267 |
| 4 | 0.001 | 246 | 241 | 279 |
| 5 | 0.001 | 252 | 244 | 257 |
| 6 | 0.001 | 258 | 258 | 287 |
| 7 | 0.001 | 255 | 265 | 292 |
| 8 | 0.001 | 244 | 271 | 278 |
| 9 | 0.001 | 251 | 281 | 284 |
| 10 | 0.001 | 259 | 292 | 268 |
| 11 | 0.001 | 258 | 297 | 278 |
| 12 | 0.001 | 263 | 291 | 256 |
| 13 | 0.001 | 269 | 291 | 276 |
| 14 | 0.001 | 260 | 292 | 299 |
| 15 | 0.001 | 272 | 302 | 288 |
| 16 | 0.001 | 278 | 299 | 302 |
| 17 | 0.001 | 267 | 308 | 297 |

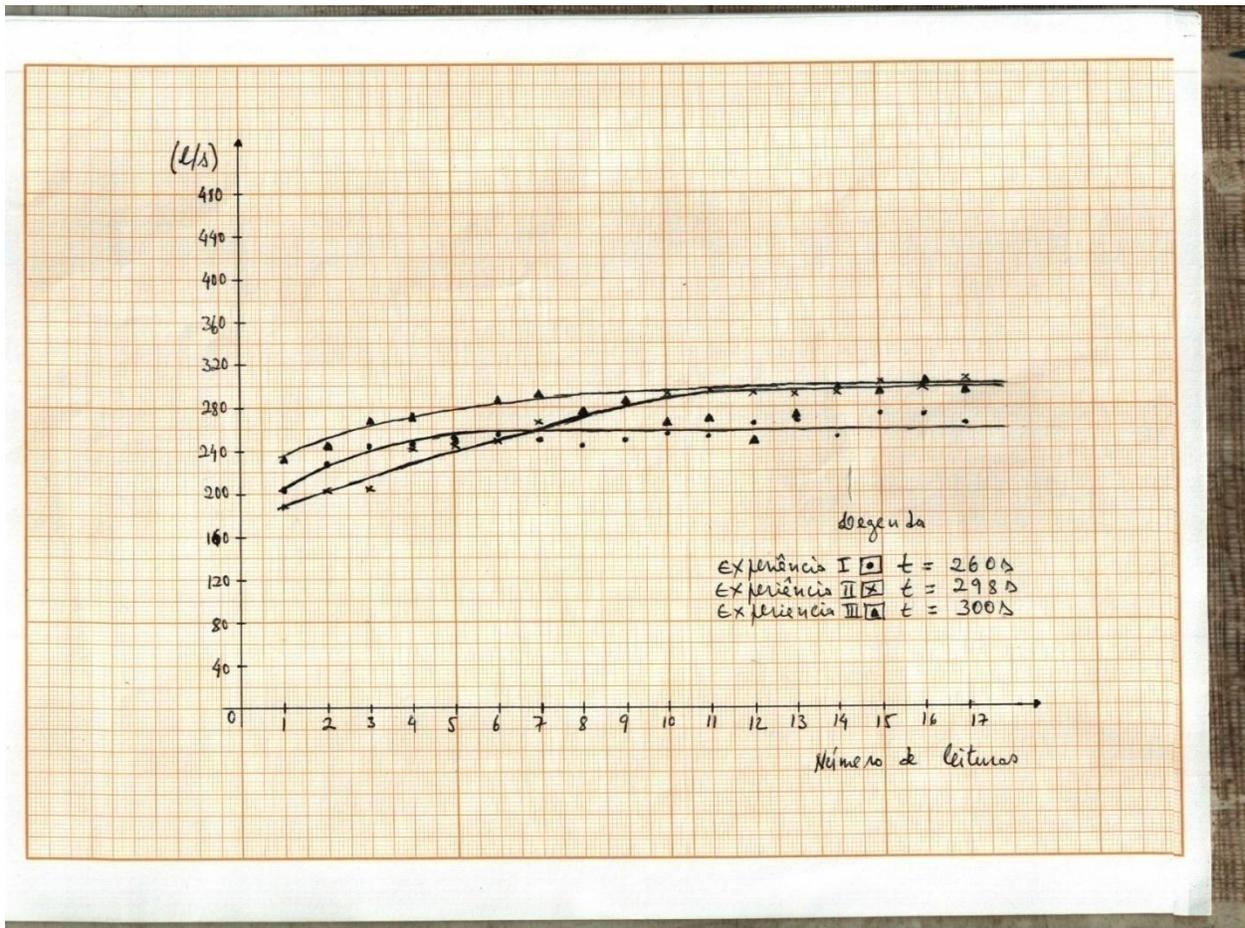
| Condutividade hidráulica do solo saturado na profundidade de 30 – 90 cm | | | | |
|--|-------------------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------|
| N ° de leituras | Volume (m³) | Tempo de leituras (s) | | |
| | | Experiencia I | Experiencia II | Experiencia III |
| 1 | 0.001 | 361 | 196 | 259 |
| 2 | 0.001 | 384 | 245 | 276 |
| 3 | 0.001 | 372 | 247 | 283 |
| 4 | 0.001 | 372 | 244 | 294 |
| 5 | 0.001 | 387 | 252 | 299 |
| 6 | 0.001 | 412 | 270 | 303 |
| 7 | 0.001 | 388 | 269 | 318 |
| 8 | 0.001 | 398 | 309 | 322 |
| 9 | 0.001 | 401 | 292 | 328 |
| 10 | 0.001 | 399 | 379 | 336 |
| 11 | 0.001 | 358 | 356 | 351 |
| 12 | 0.001 | 308 | 333 | 346 |
| 13 | 0.001 | 323 | 349 | 358 |
| 14 | 0.001 | 357 | 368 | 364 |
| 15 | 0.001 | 387 | 363 | 367 |

| | | | | |
|----|-------|-----|-----|-----|
| 16 | 0.001 | 342 | 357 | 356 |
| 17 | 0.001 | 373 | 351 | 353 |

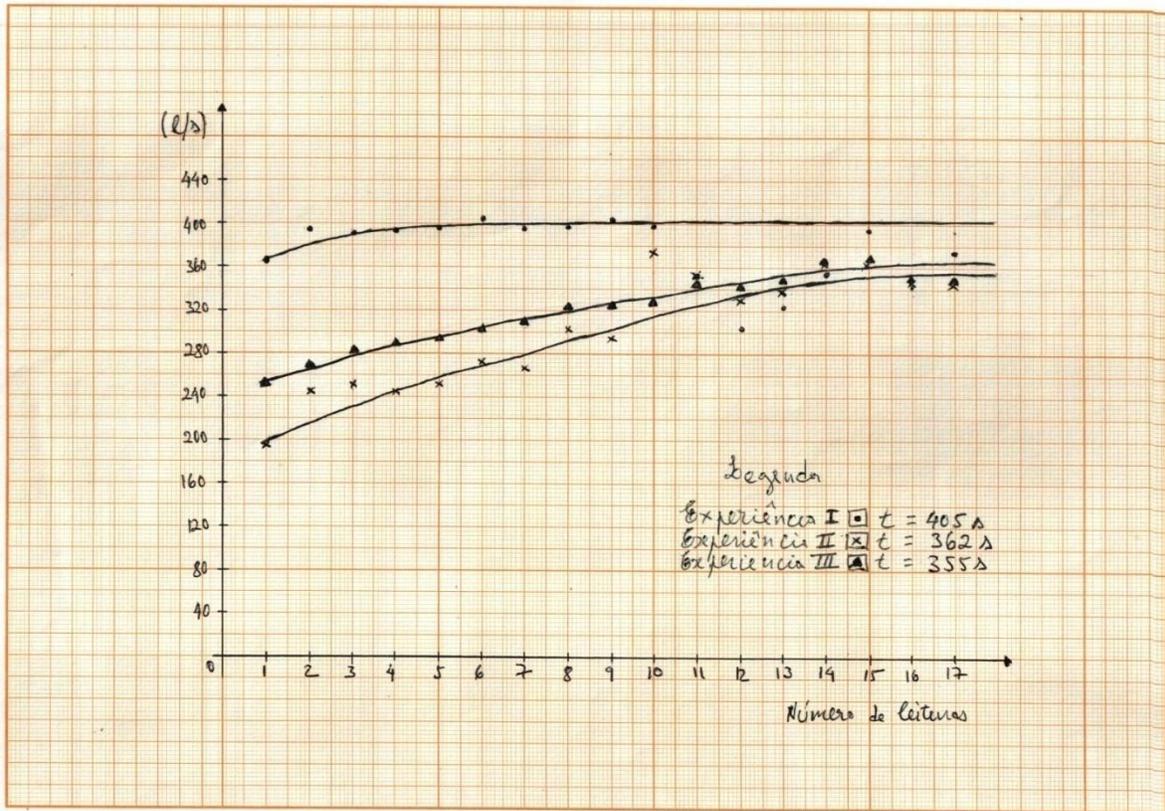
Apêndice 13: Gráfico da condutividade hidráulica do solo saturado nas profundidades 0 – 30

(a) e 30 – 90 cm (b)

(a)



(b)



Apêndice 14: pH do solo com água destilada (H₂O) e 0.01M cloreto de cálcio (CaCl₂)

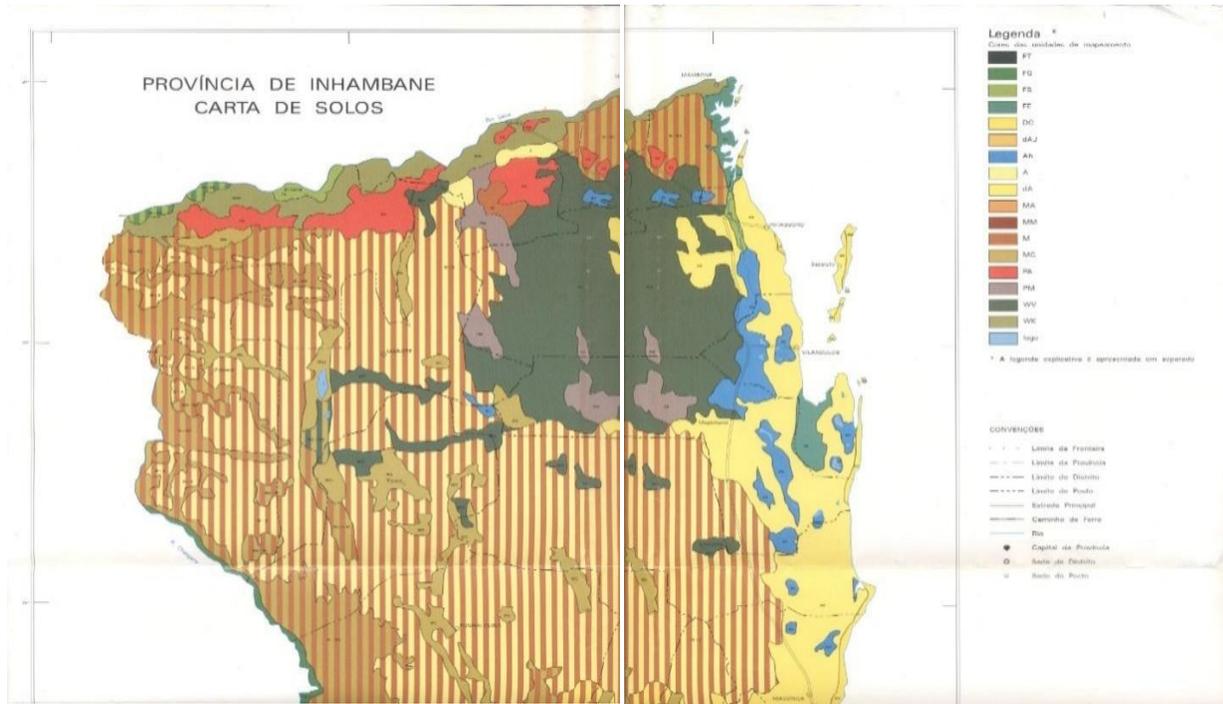
| Profundidade (cm) | Potencial de Hidrogénio do solo com água destilada (H ₂ O) | | | | | |
|----------------------|---|------|----------------|------|-----------------|------|
| | Experiencia I | | Experiencia II | | Experiencia III | |
| | pH | T°C | pH | T°C | pH | T°C |
| 0 – 20 | 7.01 | 27.0 | 7.70 | 26.2 | 7.33 | 25.6 |
| 20 – 40 | 8.17 | 26.8 | 8.34 | 26.4 | 7.98 | 25.4 |
| 40 – 60 | 7.92 | 27.1 | 7.97 | 26.1 | 7.43 | 26.5 |
| 60 – 80 | 7.95 | 26.4 | 8.08 | 25.5 | 7.20 | 26.4 |
| 80 – 100 | 7.91 | 26.9 | 8.08 | 26.7 | 7.56 | 26.8 |
| 100 – 120 | 7.89 | 26.3 | 8.01 | 26.9 | 5.37 | 25.3 |
| 120 – 140 | 7.86 | 26.5 | 8.04 | 26.6 | 5.66 | 25.7 |
| 140 – 160 | 7.90 | 26.2 | 8.01 | 25.5 | 5.70 | 25.8 |
| 160 – 180 | 7.81 | 26.4 | 7.84 | 25.8 | 5.95 | 26.4 |
| 180 – 200 | 7.63 | 26.1 | 7.78 | 25.7 | 5.34 | 26.2 |

| Profundidade (cm) | Potencial de hidrogénio do solo com cloreto de cálcio (CaCl ₂) | | | | | |
|----------------------|--|------|----------------|------|-----------------|------|
| | Experiencia I | | Experiencia II | | Experiencia III | |
| | pH | T°C | pH | T°C | pH | T°C |
| 0 – 20 | 6.51 | 24.2 | 6.98 | 23.4 | 6.95 | 23.2 |
| 20 – 40 | 6.87 | 24.7 | 7.11 | 24.9 | 6.89 | 23.7 |
| 40 – 60 | 7.03 | 23.8 | 7.18 | 24.7 | 7.04 | 23.5 |
| 60 – 80 | 7.01 | 24.1 | 7.19 | 23.2 | 7.02 | 23.7 |
| 80 – 100 | 7.06 | 24.0 | 7.29 | 23.7 | 7.01 | 23.3 |
| 100 – 120 | 7.06 | 24.2 | 7.21 | 23.6 | 5.41 | 23.7 |
| 120 – 140 | 7.06 | 24.4 | 7.32 | 24.0 | 5.01 | 23.5 |
| 140 – 160 | 7.10 | 23.3 | 7.22 | 23.9 | 4.64 | 23.0 |
| 160 – 180 | 7.16 | 23.7 | 7.19 | 23.7 | 5.22 | 23.7 |
| 180 – 200 | 7.04 | 24.3 | 7.12 | 23.1 | 4.67 | 22.6 |

Apêndice 15: Valores da condutividade eléctrica da suspensão 1: 5 (solo: H₂O)

| Profundidade (cm) | Condutividade eléctrica do extracto do solo saturado ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | | | | | |
|----------------------|--|------|-----------------|------|-----------------|------|
| | Experiencia I | | Experiencia II | | Experiencia III | |
| | CE ₅ | T °C | CE ₅ | T °C | CE ₅ | T °C |
| 0 – 20 | 78.2 | 26.1 | 46.2 | 26.0 | 43.0 | 26.2 |
| 20 – 40 | 39.9 | 26.0 | 75.0 | 24.5 | 50.2 | 24.3 |
| 40 – 60 | 36.6 | 25.9 | 51.5 | 25.3 | 35.0 | 25.5 |
| 60 – 80 | 39.8 | 25.6 | 43.8 | 26.0 | 36.1 | 26.5 |
| 80 – 100 | 44.9 | 25.4 | 49.5 | 24.9 | 42.2 | 25.0 |
| 100 – 120 | 46.3 | 26.1 | 48.4 | 24.5 | 41.0 | 25.1 |
| 120 – 140 | 44.5 | 25.2 | 52.4 | 25.0 | 32.1 | 26.9 |
| 140 – 160 | 43.0 | 26.2 | 47.8 | 26.6 | 42.8 | 26.4 |
| 160 – 180 | 55.1 | 25.2 | 51.0 | 25.3 | 46.2 | 25.5 |
| 180 – 200 | 50.4 | 26.2 | 45.5 | 25.2 | 47.2 | 25.8 |

Anexo 1: Carta de solos da província de Inhambane e sua legenda.



| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---------------------------|---|---------------------------------|-------------------|-------------------------|--|--------------------------|--|--|---|---|--|------------------------------|--------------------------|--|--|--|----------|
| Ah | solos arenosos hidromorfo | Az castanho, solos muito profundos | depressões arenosas hidromorfas | plano | Az-1st Az | > 100 cm | no a muito m | med.acid.-lig.acid med.acid.-lig.acid | baixa a alta | sem salgado sem salgado | sem salgado n.sol. moderada | solico solico | Claye Armosis | Medic Pansoperto | temper de predia | temperas no e zonas temperas, por vaca salinidade e sodicidade | T de (h) | T - V de |
| TIPOLOGIA | ACRÉSCIMO DE SOLO | CARACTERÍSTICAS DOMINANTES DO SOLO | UNIDADE DE CLASSIFICAÇÃO | CORRELAÇÃO | FORMA DE TERRENO | TIPOLOGIA DE SOLO SUPERFICIAL/SUBSOLO | PROFUNDIDADE (cm) | INDICADOR | ACIDEZ E SALINIDADE DE SOLO SUPERFICIAL E SUBSOLO (pH-EU) | QUANTIDADE ORGANICA DE SOLO SUPERFICIAL (C%) | DESENVOLVIMENTO DE SOLO SUPERFICIAL E SUBSOLO (MORFOLOGIA) | SUCEDÂNEO DE SOLO SUPERFICIAL E SUBSOLO (POT A) | CLASSIFICAÇÃO EXONOME | TIPO DE VEGETAÇÃO | FUNÇÕES PRINCIPAIS PARA AGRICULTURA | CLASSE DE APRIADO (UBA) | CLASSIFICAÇÃO DE APRIADO PARA NEGÓCIO (UBA) | |