



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA  
FACULDADE DE AGRICULTURA  
CURSO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA AGRÍCOLA E ÁGUA RURAL

**Projecto de Construção de Um Canal de Rega Não-revestido  
de Secção Trapezoidal na Localidade de Conhane no  
Distrito de Chókwè.**

MONOGRAFIA CIENTÍFICA APRESENTADA E DEFENDIDA COMO REQUISITO PARA  
A OBTENÇÃO DO GRAU DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA HIDRÁULICA  
AGRÍCOLA E ÁGUA RURAL.

**Autor:** Agostinho Maurício Chande

**Tutor:** Eng<sup>o</sup>. Cesário Manuel Cambaza, MSc

**Co-tutor:** Eng<sup>o</sup>. Fernando Brazão Tembe

Lionde, 2019



## INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Agostinho Maurício Chande " Projecto de Construção de Um Canal de Rega Não-revestido de Secção Trapezoidal na Localidade de Conhane no Distrito de Chókwè." Monografia de investigação apresentada ao Curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural, na faculdade de Agricultura, do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção de grau de licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural.

Monografia defendida e Aprovada em 07 de Agosto de 2019

Júri

Supervisor 01\_\_\_\_\_

(Eng<sup>o</sup>. Cesário Manuel Cambaza, MSc)

Supervisor 02\_\_\_\_\_

(Eng<sup>o</sup>. Fernando Brazão Tembe)

Avaliador 01\_\_\_\_\_

(Eng<sup>o</sup>. Moisés Buduio)

Avaliador 02\_\_\_\_\_

(Eng<sup>o</sup>. Esar )

Lionde, 2019

<b>Índice</b>	<b>Páginas</b>
Lista de figuras.....	V
Lista de tabelas.....	VI
Lista de anexos.....	VII
Lista de abreviaturas.....	VIII
Declaração.....	IX
Dedicatória e Agradecimentos.....	X
Resumo.....	XII
<b>I. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1. Problema e justificativa.....	2
1.2. Objectivos.....	2
1.2.1. Geral: .....	2
1.2.2. Específicos:.....	3
<b>II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
2.1. Considerações gerais .....	4
2.1.1. Caracterização da região de Chókwè.....	4
2.1.2. Perímetro irrigado de Chókwè.....	4
2.1.3. Situação hidráulica das obras do regadio de Chókwè .....	5
2.2. Estudo do impacto ambiental .....	5
2.3. Topografia .....	6
2.4. Canais não revestidos .....	6
2.4.1. Problemas mais comuns em canais .....	7
2.4.2. Dimensionamento hidráulico de canais.....	7
2.4.3. Princípios orientadores para projeto e dimensionamento de canais .....	7
2.5. Amostragem do solo.....	7
2.6. Colecta de amostras do solo.....	8
2.7. Composição Granulométrica.....	8
2.8. Classificação dos solos.....	8
2.8.1. Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS). .....	9
2.8.2. H.R.B. (Highway Research Board). .....	9
2.9. Limites de Atterberg.....	10

2.9.1. Limite de liquidez .....	10
2.9.2. Limite de plasticidade.....	10
2.10. Compactação em laboratório.....	10
2.10.1. Princípios fundamentais de compactação dos solos .....	10
2.10.2. Energias de compactação.....	11
2.11. Procedimentos gerais de compactação no campo .....	11
2.12. Controle do nível de água nos canais .....	12
2.12.1. Medição da vazão .....	12
2.13. O modelo CROPWAT .....	12
2.13.1. Limitações do modelo CROPWAT.....	12
2.14. Elementos geométricos da seção do canal .....	13
2.14.1. Perda de Carga.....	13
2.14.2. Seção transversal .....	13
2.14.3. Velocidades médias aconselháveis .....	13
2.14.4. Folga dos canais.....	14
2.15. Classificação dos escoamentos em relação ao número de Froude (Fr).....	14
2.16. Pesquisa de campo .....	14
2.17. Técnicas de colecta de dados no campo.....	14
2.18. Amostra .....	15
2.19. Dimensionamento de estruturas para construções rurais .....	15
III. METODOLOGIA .....	16
3.1. Definição do tamanho da amostra.....	16
3.2. Estudo de viabilidade (Ambiental e Social) do projecto.....	16
3.3. Localização da zona de estudo. ....	17
3.4. Levantamento topográfico na zona de intervenção do projecto.....	18
3.5. Colecta de amostras de solo .....	18
3.6. Preparação do solo NBR (6457/86) .....	19
3.7. Determinação do teor de humidade.....	19
3.8. Análise granulométrica de solos NBR (7181/84). ....	20
3.8.1. Metodologia do ensaio granulométrica NBR (7181/84). ....	20
3.9. Limites de Atterberg.....	21
3.9.1. Metodologia de ensaio de Limite de Liquidez NBR (6459/84) .....	21

3.9.2. Metodologia do ensaio de Limite de plasticidade NBR (7180/84). .....	22
3.10. Ensaio de Compactação (Proctor intermediária).....	22
3.10.1. Metodologia do ensaio de compactação NBR (7182/86).....	22
3.11. Determinação das necessidades de água de rega da cultura.....	24
3.11.1. Caudal do projecto.....	24
3.11.2. Caudal total do projecto.....	25
3.11.3. Área irrigada diariamente .....	25
3.12. Demanda da evaporação.....	25
3.13. Caudal de infiltração .....	26
3.14. Dimensionamento da secção trapezoidal do canal de rega .....	27
3.15. Regime de escoamento.....	31
3.16. Cálculo do volume e área de aterro nas banquetas do canal .....	31
3.17. Determinação de volume de solos para aterro e compactação das banquetas. ....	31
3.18. Determinação do volume de abertura do canal trapezoidal. ....	32
3.19. Dimensionamento hidráulico de uma manilha de betão armado. ....	32
3.20. Dimensionamento de uma tomada de água (Comporta Módulo de Máscara). ....	33
3.21. Verificação da segurança ao derrubamento por rotação da estrutura.....	34
3.22. Orçamentação dos custos envolvidos na construção do canal de rega .....	34
<b>IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>35</b>
4.1. Definição do tamanho da amostra.....	35
4.2. Estudo de viabilidade (Ambiental e Social) do projecto.....	35
4.3. Levantamento topográfico na zona de intervenção do projecto.....	35
4.4. Caracterização dos solos da região.....	36
4.4.1. Determinação do teor de humidade.....	36
4.4.2. Análise granulométrica de solos.....	36
4.4.3. Limites de Atterberg.....	37
4.4.4. Ensaio de Proctor.....	38
4.5. Ph da água utilizada na irrigação.....	39
4.6. Ph do solo.....	40
4.7. Determinação das necessidades de água de rega. ....	41
4.7.1. Caudal do projecto.....	41
4.7.2. Caudal total do projecto.....	42

4.7.3. Área irrigada diariamente .....	42
4.8. Caudal de evaporação.....	42
4.9. Caudal de infiltração .....	42
4.10. Dimensionamento da secção transversal do canal trapezoidal.....	43
4.11. Regime de escoamento.....	44
4.12. Determinação do volume de solo para aterro e compactação das banquetas.....	44
4.13. Verificação da segurança ao derrubamento por rotação da estrutura.....	45
4.14. Dimensionamento hidráulico de uma manilha de betão armado .....	45
4.15. Dimensionamento de uma tomada de água módulo de máscara.....	46
4.16. Orçamentação dos custos envolvidos na construção do canal de rega .....	46
V. CONCLUSÃO .....	47
VI. RECOMENDAÇÃO.....	48
VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	48
VIII. ANEXOS .....	53

## Lista de figuras

Figura ↔ 1: Classificação dos solos usando o sistema HRB.....	9
Figura ↔ 2: Secção transversal do canal.....	13
Figura ↔ 3: Localização da zona de estudo.....	17
Figura ↔ 4: Material topográfico e GPS.....	18
Figura ↔ 5: Colecta de amostras do solo em diferentes pontos.....	19
Figura ↔ 6: Secagem ao ar atmosférico dos solos.....	19
Figura ↔ 7: Destorroamento de solos.....	19
Figura ↔ 8: Balança electrónica e estufa.....	20
Figura ↔ 9: Imagem de peneiras usadas no ensaio de granulometria.....	21
Figura ↔ 10: Material usado no ensaio de Limite de Liquidez.....	22
Figura ↔ 11: Material do ensaio de plasticidade.....	22
Figura ↔ 12: Material usado no ensaio de compactação de solos.....	23
Figura ↔ 13: Curvas de níveis do levantamento topográfico.....	36
Figura ↔ 14: Curvas de distribuição granulométrica.....	37
Figura ↔ 15: Curvas de Limite de Liquidez das amostras do solo.....	37
Figura ↔ 16: Curvas de compactação de solos da região.....	39
Figura ↔ 17: Secção transversal do canal de rega.....	43
Figura ↔ 18: Secção transversal da área de terreno.....	45
Figura ↔ 19: Secção transversal de uma manilha.....	46
Figura ↔ 20: Vista frontal da comporta.....	46

## Lista de tabelas

Tabela ↔ 1: Sectores do perímetro irrigado de Chókwè.....	5
Tabela ↔ 2: Sistema unificado classificação de solos (SUCS) .....	9
Tabela ↔ 3: Classificação dos solos de acordo com os limites de Atterberg.....	10
Tabela ↔ 4: Energias do Proctor Normal, Intermediário e Modificado.....	11
Tabela ↔ 5: Limites aconselháveis de velocidade para escoamentos em canais.....	14
Tabela ↔ 6: Dados da evaporação do distrito de Chókwè.....	26
Tabela ↔ 7: Dados de precipitação do distrito de Chókwè.....	26
Tabela ↔ 8: Inclinação dos taludes.....	29
Tabela ↔ 9: Valores da declividade limite.....	30
Tabela ↔ 10: Coeficiente da rugosidade para canais.....	30
Tabela ↔ 11: Relação entre o volume de solo escavado, transportado e compactado.....	32
Tabela ↔ 12: Resumo de classificação de solos segundo SUCS e H.R.B.....	38
Tabela ↔ 13: Resultados do ensaio Proctor normal.....	39
Tabela ↔ 14: Resultados do ph da água.....	40
Tabela ↔ 15: Resultados do ph do solo.....	40
Tabela ↔ 16: Resultados de NAR de culturas produzidas no campo.....	41
Tabela ↔ 17: Resultados da secção transversal trapezoidal do canal de rega.....	43
Tabela ↔ 18: Resultados dos elementos da secção transversal das banquetas do canal.....	44

## Lista de Anexos

Anexo ↔ 1: Inquérito para os agricultores do D13E .....	53
Anexo ↔ 2: Inquérito para a empresa gestora do regadio de Chókwè.....	54
Anexo ↔ 3: Quadros de respostas do inquérito feito aos agricultores do D13E.....	55
Anexo ↔ 4: Quadros de respostas do inquérito feito na empresa gestora do regadio.....	57
Anexo ↔ 5: Mapa do distrito de Chókwè.....	59
Anexo ↔ 6: Mapa do perímetro irrigado de Chókwè.....	59
Anexo ↔ 7: Dados do levantamento topográfico.....	60
Anexo ↔ 8: Direcção do escoamento de água no campo.....	61
Anexo ↔ 9: Materiais usados no ensaio de compactação e de caracterização .....	61
Anexo ↔ 10: Determinação do teor de humidade de solo.....	62



Anexo ↔ 11: Traçado da curva de distribuição granulométrica de amostra (P1A).....	62
Anexo ↔ 12: Traçado da curva de distribuição granulométrica de amostra (P2B).....	62
Anexo ↔ 13: Traçado da curva de distribuição granulométrica de amostra (P3).....	63
Anexo ↔ 14: Cálculo dos limites de liquidez (Amostra P1A).....	63
Anexo ↔ 15: Cálculo dos limites de liquidez (Amostra P2B).....	63
Anexo ↔ 16: Cálculo dos limites de liquidez (Amostra P3).....	64
Anexo ↔ 17: Cálculo dos limites de plasticidade (Amostra P1A).....	64
Anexo ↔ 18: Cálculo dos limites de plasticidade (Amostra P2B).....	65
Anexo ↔ 19: Cálculo dos limites de plasticidade (Amostra P3).....	65
Anexo ↔ 20: Determinação do teor de humidade Higroscópica.....	65
Anexo ↔ 21: Ensaio de compactação no laboratório (Amostra P1A).....	66
Anexo ↔ 22: Ensaio de compactação no laboratório (Amostra P2B).....	66
Anexo ↔ 23: Ensaio de compactação no laboratório (Amostra P3).....	67
Anexo ↔ 24: Elemento: Precipitação total mensal.....	68
Anexo ↔ 25: Elemento: Velocidade do vento mensal.....	68
Anexo ↔ 26: Elemento: Insolação total mensal.....	68
Anexo ↔ 27: Elemento: Humidade relativa media mensal.....	69
Anexo ↔ 28: Elemento: Temperatura máxima média mensal.....	69
Anexo ↔ 29: Elemento: Temperatura mínima media mensal.....	70
Anexo ↔ 30: Percentagem do empolamento de alguns tipos de terrenos.....	70
Anexo ↔ 31: Croqui do projecto.....	71
Anexo ↔ 32: Orçamento dos custos envolvidos na construção do canal de rega no D13E.....	72

## **Lista de Abreviaturas**

ISPG ↔ Instituto Superior Politécnico de Gaza.  
EHAAR – Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural.  
HICEP ↔ Hidráulica de Chókwè Empresa Pública.  
D13E ↔ Canal Distribuidor 13 Esquerdo.  
SUCS ↔ Sistema Unificada de Classificação do solo.  
H.R.B ↔ Highway Research Board.  
SECL ↔ Serviço de Exploração do Colonato Limpopo.  
SIREMO ↔ Sistema de Regadio Eduardo Mondlane.  
UHP ↔ Unidade Hidráulica Principal.  
UHS ↔ Unidade Hidráulica Secundária.  
UHT ↔ Unidade Hidráulica Terciária.  
EIA ↔ Estudo de Impacto Ambiental.  
RIMA ↔ Relatório do Impacto Ambiental.  
NBR ↔ Norma Brasileira.  
LL ↔ Limite de Liquidez.  
LP ↔ Limite de Plasticidade.  
IP ↔ Índice de Plasticidade.  
IC ↔ Índice de Consistência.  
ET<sub>o</sub> ↔ Evapotranspiração de Referência.  
UTM ↔ Universal Transversa de Mercator.  
S ↔ Sul.  
E ↔ Este.  
DMOH ↔ Direção de Manutenção das Obras Hidráulicas.  
DOP ↔ Direção de Operação.  
GPS ↔ Sistema de Posicionamento Global.  
ABNT ↔ Associação Brasileira de Normas Técnicas.  
INAM ↔ Instituto Nacional de Meteorologia.  
NAR ↔ Necessidade de Água de Rega.



## INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

### Declaração

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

Lionde, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(Agostinho Maurício Chande)

## **Dedicatória e Agradecimentos**

Em primeiro lugar dedico este trabalho de conclusão de curso ao Senhor Jesus Cristo, nosso eterno Deus bendito salvador e pai unipotente, por ter ouvido sempre as minhas solicitações diárias e orações e certamente concedido o desejo do meu coração.

A todas as minhas famílias Chande, Oliveira e Macuacua, em especial aos meus pais Maurício A. Chande e Melita A. de Oliveira e aos meus irmãos Edmundo, Chandinho e Fátima, pelo apoio incondicional que sempre me deram e por estarem presente sempre comigo em todo lugar a todo o momento e pela confiança em mim e pela oportunidade de concretizar e conseguir encerrar mais uma caminhada em minha vida. Sei que não mediram os esforços para que este sonho se realizasse, sem compressão, ajuda e confiança vossa nada disto seria possível hoje. O meu muito obrigado eterno.

Agradeço a Deus que é a força maior do universo. Com esta força que me fez vencer todos os obstáculos, e não perder a esperança de concluir a minha jornada acadêmica.

Aos meus amados pais Maurício A. Chande e Melita A. de oliveira, Avó Lúcia Sitõe, Tio Jorge Macuacua, Primos, Sobrinhos, Netos, e os demais não mencionados... hoje escrevo esta mensagem para agradecer tudo que fizeram e que ainda fazem por mim. Dizendo obrigado por me ensinarem a caminhar e assim poder seguir meus próprios passos.

Pela educação que me deram e por sempre estarem ao meu lado, tanto nos momentos de alegria como nos momentos difíceis.

Agradeço ainda pela vossa luta constante na minha vida, pelo esforço económico e por terem feito o possível e o impossível para me darem a oportunidade de estudar na faculdade. Fico eternamente grato.

Não poderia deixar de agradecer aos meus belos irmãos (Edmundo, Chandinho e Fátima) por serem meus maiores fãs...que souberam entender minha ausência em certos momentos e mesmo assim sempre estiveram ao meu lado nos momentos de angústia, ansiedade assim como os de felicidades...cada segundo, cada passo, rumo ao meu sonho, valeu apenas pelo amparo, amor, confiança, todos vocês vão ficar no meu coração eternamente. O meu Muito obrigado por tudo.

Aos meus supervisores, o engenheiro Cesário Cambaza e Brasão Tembe, pelas vossas orientações atenta e cuidadosa ao longo de cada dia de elaboração desta monografia e pelos valiosos ensinamentos e esclarecimento de dúvidas, que para além da minha formação acadêmica me ajudarão na vida profissional futura. Muito obrigado.

Não deixo de agradecer também a todo o pessoal da empresa Hidráulica de Chókwe (HICEP), pelos ensinamentos, instruções e aconselhamentos soltados no período da minha estadia no local. Ao corpo docente do ISPG especialmente os do curso de Engenharia Hidráulica Agrícola E Água Rural pelo amor, incentivo e apoio incondicional...Muito obrigado.

A todos os colegas-amigos da turma de EHAAR, principalmente aqueles que me auxiliaram com as pesquisas do trabalho, no processamento de dados colhidos, na realização de actividades do campo e troca de conhecimentos e experiencias de vida académica e social, disponho hoje o meu agradecimento pela colaboração e disposição no processo de recolha de dados, as seguintes pessoas: (Abediningo, Aires, Albino, João Válter, Oquer, Wilson Chipa...) e os demais não mencionados. A saudade dos momentos que vivemos juntos foi um grande prazer e foi a certeza de que haverá outros momentos e que nossas despedidas se tornem um próximo eterno reencontro. Obrigado a todos.

Aos meus amigos (Osvaldo Mussane, Julião Tivane, Alírio Amane, Bécio Gomes, César Fernando Quinhas, Nasser Jesus) e os demais não mencionados, que deixei de conviver com eles e visita-los durante o percurso académico. Deixo com eles o meu excelente agradecimento pela amizade, companheirismo e bom convívio.

Não poderia faltar um agradecimento para todas as pessoas que me apoiaram nesta conquista, cada um tem o seu valor especial nesta vitória, sem vocês eu sozinho não teria conseguindo alcançar e nada disto teria sentido verdadeiro e continuo contando com a vossa ajuda para o resto dos desafios. Amo a vocês demais...

“Não se pode ensinar tudo a alguém, pode-se apenas ajudá-lo a encontrar por si mesmo o caminho.”

“Galileu Galilei”

## Resumo

No presente trabalho, pretende-se projetar um canal que vai irrigar por gravidade uma área de 64ha no D13E. Para tal efeito, fez-se um estudo de viabilidade do projecto e o dimensionamento do canal, onde se fez estudos dos impactos social e ambiental, a caracterização dos solos e a determinação do volume de solos para o aterro e compactação das banquetas. Durante o estudo de viabilidade, verificou-se que em termos de impacto social, a construção de um canal na região estudada vai reduzir as distâncias que os agricultores levam à busca da água para irrigar os campos agrícolas. A caracterização dos solos começou com a classificação dos mesmos segundo S.U.C.S., onde se verificou que os solos são de fração mais fina, compostos por siltes e argilas, o mesmo resultado se obteve quando se fez a classificação segundo H.R.B. O limite de liquidez das três amostras foi 67,8%; 30,2% e 72,75% e de plasticidade foi 24,91%; 29,24% e 23,50% e o índice de plasticidade foi 42,89%; 0,96% e 49,25% respectivamente. Em relação ao ensaio de compactação, as três amostras apresentaram uma densidade máxima seca de 15,6kN/m<sup>3</sup>; 15,9kN/m<sup>3</sup> e 15,3kN/m<sup>3</sup> e o teor de humidade óptimo foi de 16,50%, 12,80% e 13% respectivamente. A energia de compactação foi de 25,90kg.cm/cm<sup>3</sup>. Para o dimensionamento do canal, considerou-se a cultura de arroz, como sendo a que mais consome água de todas as culturas produzidas no local. O caudal líquido no pico foi de 0,98 l/s por ha, em mm/mês/ha foi de 261,7 e por ciclo foi de 681,2mm. O canal de terra deve apresentar uma largura de base menor de 1,24m; largura do topo de 2,24m; uma lâmina de água de 1 m; inclinação dos taludes de 0,5 transportando um caudal de 95l/s. O pH da água utilizada na irrigação foi de 7,4 e do solo foi de 6,33. O volume de solos por aterrar foi de 15787m<sup>3</sup>. Neste contexto, com a nova estrutura construída vai-se melhorar o fornecimento de água, beneficiando cerca de 46 agricultores e a efectiva utilização dos 64ha da área total de produção no distribuidor D13E. Contudo, para que um canal de rega se torne uma alternativa viável sob o ponto de vista agrícola conforme foi projectado, recomenda-se aplicar as normas técnicas de operação e manutenção adequada.

**Palavras-Chaves:** Regadio de Chókwè, Canal trapezoidal, Projecto de irrigação e Agricultura.

## Abstract

This study, intends to design a channel that will irrigate by gravity an area of 64ha in the D13E. For this context, made a viability study and channel design were carried out, where studies of the social and environmental impacts were carried out, soil characterization and determination of soil volume for the landfill and compaction of the sidewalks. During the feasibility study, it was found that in terms of social impact, building a canal in the region studied will reduce the distances that farmers take to fetch water to irrigate their agricultural fields. Soil characterization began with the classification of soil samples according to S.U.C.S., where it was verified that the soils are of finer fraction, being composed by silts and clays. The same result was obtained when the classification according to H.R.B. The liquidity limit of the three samples was 67.8%; 30.2% and 72.75% and of plasticity was 24.91%; 29.24% and 23.50% and the plasticity index was 42.89%; 0.96% and 49.25%, respectively. In relation to the compaction test, the three samples had a maximum dry density of 1.56 g / cm<sup>3</sup>; 1.59 g / cm<sup>3</sup> and 1.53 g / cm<sup>3</sup> and the optimum moisture content was 16.50%, 12.80% and 13% respectively. The compaction energy was 25.90 kg.cm / cm<sup>3</sup>. For the channel design, rice culture was considered to be the one that consumes the most water among the crops produced locally. The net flow rate at the peak was 0.98 l / s per ha, in mm / month / ha was 261.7 and per cycle was 681.2 mm. The earth channel must have a base width of less than 1.24 m; top width of 2.24 m; a water slide of 1 m; Slope of 0.5 carrying a flow rate of 95 l / s. The pH of the irrigation water was 7.4 and the soil pH was 6.33. The volume of soils to be landed was 15787 m<sup>3</sup>. In this context, the new structure will improve water supply, benefiting some 46 farmers and the effective use of 64 hectares of the total production area in the D13E distributor. However, in order for a watering channel to become a viable alternative and to meet the water requirements required by the crops as designed, it is recommended that proper operating and maintenance technical standards be applied.

Key Words: Chókwè Irrigation, Trapezoidal Channel, Irrigation Project and Agriculture.

## I. INTRODUÇÃO

A água é fundamental para o desenvolvimento agrícola e a redução da sua disponibilidade constitui um dos maiores problemas relacionados à agricultura irrigada. Este recurso ocupa cerca de 70% do consumo total na agricultura no âmbito mundial. Entretanto, a irrigação é de suma importância para responder a crescente demanda por alimentos (FAO e IFAD, 2006).

Segundo Paz et al (2000), o desenvolvimento da agricultura irrigada depende do uso racional dos recursos hídricos, o que implica um aumento da eficiência na irrigação e estima-se que em média, a eficiência de irrigação a nível mundial é na ordem de 37% o que evidencia a necessidade urgente de redução das perdas que ocorrem desde a fonte de captação até a aplicação da água nas áreas irrigadas.

De acordo com HICEP (2003) o regadio de Chókwè foi projetado para irrigar 33.848 hectares, com uma área potencial atual equipada para a prática de agricultura de cerca de 23.848 hectares. A restante área de 10.000 hectares foi perdida, devido à salinidade, provocada por apresentar falta de estruturas de drenagem, uma falha que vem desde o projecto inicial do regadio. Isto é agravado com o facto de esta zona ser propensa a ciclos de cheias e secas, que causam de entre outros danos, a destruição de infraestruturas e alagamento prolongado dos campos agrícolas.

O padrão da distribuição das chuvas ao longo das regiões Norte e Sul de Moçambique não é uniforme. A região Norte apresenta uma estação chuvosa bem definida e prolongada permitindo que haja maior quantidade de água disponível para as culturas durante todo o seu ciclo, ao contrário do que acontece na região Sul, facto que impulsiona a construção e reabilitação de infraestruturas hidráulicas conducentes de água ao longo do regadio (Direção Nacional das Águas, 2007).

Nessa ordem, os canais tiveram grande relevância sob o ponto de vista agrônômico, eles contribuem para uma agricultura irrigada sustentável e permitem o transporte do maior volume de água a longas distâncias, além da rega por gravidade e custos de operação e manutenção o mais baixo possível admitem a fixação da população humana arredor do local de produção agrícola.



Considerando as dificuldades encarradas no campo de falta de água, este presente trabalho, visa projetar um canal de rega que pretende contribuir para a irrigação com a finalidade de maximizar o uso racional de água pelas plantas e reduzir grandes riscos associados a perdas do rendimento e garantir a exploração massiva de áreas de produção agrícola.

### **1.1. Problema e justificativa**

O regadio de Chókwè localizado na margem da bacia do rio Limpopo, está propenso a vulnerabilidade de mudanças climáticas que ocorrem, à medida que as actividades agrícolas estão situadas nas faixas férteis para a produção do alimento. E muita das vezes este regadio está exposto às cheias cíclicas e secas o que contribui para a escassez de água e a perda total da cultura.

Com a passagem da corrente de água das cheias na região central do regadio de Chókwè comprometeu a vida útil das infraestruturas hidráulicas que transportam volumes de água para irrigação naquela região. Entretanto, a disponibilidade limitada dos recursos hídricos em muitas zonas do regadio, cria a necessidade de identificar fontes alternativas para melhorar o uso deste recurso e torná-lo disponível por períodos mais longos do ano. Uma das alternativas para o uso mais eficiente da água na agricultura irrigada é o uso de estruturas hidráulicas tipo canais de rega que permitem obter eficiências elevadas no uso da água para a irrigação.

Os agricultores da região de intervenção do projecto captam água para irrigar os campos agrícolas a longas distâncias usando o sistema de bombagem sem retorno económico desejado. Desta feita, o projeto de construção de um canal de rega vai garantir a disponibilidade suficiente de água e a efectiva produção agrícola durante todas as épocas do ano, sem restrições e dependência de água das chuvas e por via de consequência para a expansão de grandes unidades de produção e contribuindo para o bem-estar da comunidade agrária pelo crescimento económico e defender a segurança alimentar em todas as vertentes.

### **1.2. Objectivos**

#### **1.2.1. Geral:**

- ✓ Projectar um canal de rega de secção trapezoidal, não - revestido na localidade de Conhane no regadio de Chókwè.

**1.2.2. Específicos:**

- ✓ Fazer o estudo de viabilidade (Ambiental e Social) do projecto;
- ✓ Caracterizar os solos da região;
- ✓ Dimensionar o canal de rega para irrigação;
- ✓ Determinar o volume de solos para aterro e compactação das banquetas do canal.

## II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Considerações gerais

#### 2.1.1. Caracterização da região de Chókwè

O distrito de Chókwè esta situado a Sul da província de Gaza, no curso médio do rio Limpopo, onde o clima é dominado pelo tipo semiárido (seco da savana), a precipitação varia dos 500-800 mm, com uma evapotranspiração potencial de referência anual de 1400-1500 mm, as temperaturas médias anuais variam entre 22-26°C e a humidade relativa média anual entre 60-65%. A baixa pluviosidade é aliada à elevadas temperaturas, resultando numa acentuada deficiência de água, a irregularidade das chuvas ocasiona estiagem e secas frequentes mesmo durante a estação das chuvas. Todo o distrito de Chókwè é uma planície com menos de 100 m de altitude (Ministério de Administração Estatal, 2005).

Segundo Sogreah (1996) Apud Maduma (2001), os solos da região de Chókwè, são constituídos na sua maioria por formação marinha, com subsolo frequentemente salino-sódico, o que implica a necessidade dum drenagem eficiente. Possui terras de grande fertilidade devido ao depósito de materiais transportados pelos rios, facto que leva a boas produções sem a adubação. Em geral, os solos são de textura predominantemente argilosa a franco argiloso, pesados, compactos, impenetráveis e bastante coesivos. Os valores de pH variam entre 7,0-7,3, são solos que permitem alcançar elevadas produtividades mas que requerem uma cuidada monitorização.

#### 2.1.2. Perímetro irrigado de Chókwè

O regadio de Chókwè foi criado nos anos 50 por regime colonial português designado SECL em que, em 1977 o regadio de Chókwè passou a ser gerido por governo Moçambicano denominado SIREMO e foi criada a HICEP pelo decreto n. ° 3/97 de 4 de Março para a gestão de terra, água, infraestruturas hidráulicas e a organização dos utentes na administração, operação e manutenção dessas obras em todo o perímetro irrigado de Chókwè, o qual, para o efeito de exploração e conservação, se divide em diversos sectores hidráulicos que estão ligados ao carácter intensivo da produção agrícola (HICEP, Tomo II, 2003). (conforme a tabela - 1 abaixo):

**Tabela 1:** Sectores do perímetro irrigado de Chókwè.

<b>Sector</b>	<b>Localidade</b>	<b>Zona</b>	<b>Perímetro</b>	<b>Descrição</b>
Montante	Chókwè	Macarretane, Chókwè ate Lionde.	6164	Canal Geral e uma parte de Canal Direito.
Sul	Lionde	Lionde, Conhane, Cotswane, até Mapapa contando (Chipapa, Nwachicoluane, Massavasse e Hókwè).	18946	Canal Direito, Canal de Nwachicoluane, e uma parte de Canal do Rio.
Rio	Chilembene	Muianga até Chalucuane contando com (Mananganine, Mecanine, Chilembene, Chibamo, Viuva, Malhazene, Chiguidela).	8738	Canal do Rio.

**Fonte:** HICEP, Tomo II, (2003).

### 2.1.3. Situação hidráulica das obras do regadio de Chókwè

O perímetro irrigado de Chókwè compõe-se de unidades relacionadas com três (3) níveis de distribuição (HICEP, 2003), nomeadamente:

- ❖ **UHP** - Dique de proteção, na margem direita do rio Limpopo (75 km); canais principais (Canal Geral, Canal do Rio, Canal Direito e Canal de Nwachicoluane) de terra que funcionam com o comando de montante, os caudais são correspondidos entre 4 e 45 m<sup>3</sup>/s (100 km); drenos principais (125 km), drenando uma superfície de 30,000 ha; pistas principais cerca de (155 km);
- ❖ **UHS** - 107 zonas principais, incluindo 42 canais secundários diretamente abastecidos pela UHP, os caudais variam de 0,100 a 4 m<sup>3</sup>/s (270 km); equipamentos de bombagem; drenos secundários, drenando 27,000 ha (450 km); pistas de circulação (175 km);
- ❖ **UHT** - Canais terciários pré-fabricados que abastecem ramais de irrigação com caudais nominais de 32 l/s (1050 km); valas que drenam os ramais; pistas de acesso.

De acordo com Consultec (1996), a água usada para a rega é proveniente do rio Limpopo, através da barragem de Macarretane. Ela entra no sistema hidráulico principal de canais de terra, equipado com obras de regulação de água (hidroreguladores, válvulas, saídas livres, etc.).

## 2.2. Estudo do impacto ambiental

Conforme a Resolução Conama N° 001, de 23 de janeiro de 1986, considera - se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou

indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais. Segundo Cunha (2016), o objetivo do Estudo de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) é analisar o planeamento de obra ou atividade modificadora do meio ambiente, de forma a avaliar os impactos ambientais do projeto e suas alternativas através da identificação, da previsão da magnitude e da interpretação da importância dos prováveis impactos considerados relevantes.

### **2.3. Topografia**

De acordo com Viega et al (2007), a topografia é a base para diversos trabalhos de engenharia, onde o conhecimento das formas e dimensões do terreno é importante. Alguns exemplos de aplicação:

- ✓ Projetos e execução de estradas; Grandes obras de engenharia: (Barragens, pontes, portos, viadutos, canais, túneis, etc); Trabalhos de terraplenagem; Monitoramento de estruturas; Irrigação e drenagem, etc.

### **2.4. Canais não revestidos**

São aqueles em que a condução de água se dá na superfície do solo natural em que o canal foi escavado. Geralmente, a perda de água por infiltração excessiva não é um problema em canais escavados em solos de textura entre média e fina; embora, a erosão e sedimentação podem ocorrer se o solo for erosivo (USDA, 1997). Para se manter a seção transversal do canal estável, assim como a sua capacidade de condução, deve-se respeitar as velocidades limites de escoamento, em relação à seção transversal e a declividade de fundo. A velocidade de escoamento tem um limite inferior, dado pelo valor mínimo para que não haja deposição ou sedimentação das partículas em suspensão, e um limite superior, dado pela velocidade máxima para se evitar a erosão. Ao se iniciar a operação nesses canais, ocorre um pouco de erosão e sedimentação até que se chegue a uma situação de equilíbrio, a partir disso, os canais se tornam bem estáveis. A escolha de se revestir ou não um canal e o tipo de revestimento mais adequado se dá através de questões econômicas, salvo alguns casos em que condições climáticas, ambientais, locais ou de características próprias de destino do canal, limitem a decisão por um tipo ou outro (INFANTE & SEGERER, 2010).

#### **2.4.1. Problemas mais comuns em canais**

De acordo com FAO (1992), grande parte dos casos, os problemas em canais ocorrem por falta de manutenção ou operação adequada, podendo também ser por erros no projeto ou na execução do mesmo. Dentre os principais problemas que podem ser encontrados em canais, podem ser citados:

- ✓ Perdas por infiltração; perdas por evaporação; transbordamento; assoreamento; erosão no canal; erosão nas banquetas do canal.

De maneira geral, os canais construídos dentro das especificações adequadas, com um bom monitoramento tanto na operação quanto na manutenção de suas estruturas, não apresentam tantos problemas e tem uma vida útil bastante prolongada (HICEP, 2003).

#### **2.4.2. Dimensionamento hidráulico de canais**

Para Luna (2013), o dimensionamento hidráulico refere aos cálculos hidráulicos que consistem, basicamente, na obtenção de parâmetros hidráulicos como a vazão de projeto e as velocidades limites de escoamento das águas. Em geral, para o dimensionamento hidráulico em canais abertos adota-se o regime permanente e uniforme, ou seja, as propriedades hidráulicas (perímetro molhado, lâmina de água, raio hidráulico) do canal não variam no tempo ou espaço.

#### **2.4.3. Princípios orientadores para projeto e dimensionamento de canais**

Conforme Nakanishi (2005), todos os projetos de obra hidráulica devem ser precedidos de visita ao local de implantação para o reconhecimento da área. Se possível, devem ser entrevistados os moradores locais para obtenção de informações mais relevantes do projecto.

- ✓ **Na escolha da secção - tipo de projeto:**
  - a) Em primeiro lugar deve - se considerar a disponibilidade da faixa para a sua implantação;
  - b) Verificar os limites de velocidade para o tipo de revestimento a ser empregado.

#### **2.5. Amostragem do solo**

Segundo Neves et al (2005), há diversas recomendações quanto aos procedimentos de seleção da terra em campo. Em geral, testam-se diversas terras e, em função dos resultados e da técnica construtiva apropriada, selecciona-se, por comparação, a mais adequada. Antes dos testes, deve-se preparar a amostra da terra que se pretende analisar, de modo que ela seja representativa das

características da terra que será usada na construção. Para isso, coletam-se porções de terra em vários pontos do local onde se pretende extrair a terra para a construção, totalizando aproximadamente a 30 kg.

## **2.6. Colecta de amostras do solo**

O solo deve ser colectado abaixo de 60 cm de profundidade, visto que, os solos que se encontram acima de 60 cm de profundidade ou superficialmente, apresentam matéria orgânica, tornando-se impróprios para utilizar no laboratório. A colecta do solo é feita com auxílio de vários instrumentos tais como: pás, enxadas, picaretas, dependendo das condições do local de extração (CEPED, 1984).

## **2.7. Composição Granulométrica**

Segundo a norma NBR 7181 (1984) e Neves et al (2005), o solo é constituído basicamente por partículas que podem ser agrupadas de acordo com as dimensões dos grãos. Cada grupo, ou faixa de dimensões, apresenta características próprias que indicam seu comportamento como material de construção. Os solos apropriados na construção geralmente estão localizados no subsolo, também chamado de horizonte B, livres de matéria orgânica. Em zonas semiáridas e áridas, é possível encontrar solos adequados na superfície, após eliminar pedras, raízes e todo material orgânico presente.

As partículas contidas em determinada faixa são classificadas como pedregulho, areia, silte e argila; sendo que a areia ainda pode ser subdividida e qualificada como grossa, média e fina. Em geral, a composição granulométrica do solo é representada através do diagrama denominado curva granulométrica que mostra a relação entre a quantidade e dimensão das partículas presentes. Ela é determinada através de dois ensaios: para as partículas maiores - pedregulho e areia emprega - se o processo de peneiramento e, para as partículas mais finas - silte e argila - a análise é feita por sedimentação.

## **2.8. Classificação dos solos**

O objetivo da classificação dos solos, sob o ponto de vista da engenharia, é de poder estimar o provável comportamento do solo ou pelo menos de orientar o programa de investigação necessário para permitir a adequada análise de um problema (Pinto, 2006).

### 2.8.1. Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS).

De acordo com Das (2007), a forma original desse sistema foi proposta por Casagrande em 1942 para uso nos trabalhos de construção de aeroportos sob responsabilidade do Army Corps of Engineers durante a Segunda Guerra Mundial. Esse sistema foi revisto em 1952 e é um sistema de classificação dos solos amplamente utilizado pelos engenheiros. Nesse sistema, todos os solos são identificados pelo conjunto de duas letras, como apresentado na tabela 2. A primeira identifica o tipo principal do solo e a segunda seus dados complementares.

**Tabela 2:** Sistema unificado classificação de solos (S.U.C.S.).

Código	G	S	M	C	O	W	P	H	L	PT
Descrição	Pedregulho	Areia	Silte	Argila	Solo orgânico	Bem graduado	Mal graduado	Alta compressibilidade	Baixa compressibilidade	Turfas

Fonte: Sousa pinto (2006).

### 2.8.2. H.R.B. (Highway Research Board).

A figura 1 abaixo mostra a classificação dos solos usando o sistema H.R.B.

Classificação geral	Materiais granulares (p) (35% ou menos passando na peneira nº 200)							Materiais siltosos e argilosos (p) (mais de 35% passando na peneira de nº 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-8
Penetração: % que passa: Nº 10 ..... Nº 40 ..... Nº 200 (p) .....	50 máx. 30 máx. 15 máx.	50 máx. 25 máx.	51 mín. 10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	38 mín.
Características da fração que passa nº 40: Limite de Liquidez-LL-(%) Índice de Plasticidade-IP-(%) .....	6 máx.		NP	40 máx. 10 máx.	41 mín. 10 máx.	40 máx. 11 mín.	41 mín. 11 mín.	40 máx. 10 máx.	41 mín. 10 máx.	40 máx. 11 mín.	41 mín. 11 mín.
Índice de Grupo (IG) ...	0		0	0		4 máx.		8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Materiais que predominam	Pedra britada, pedreg. e areia.		Areia fina	Areia e areia siltoosa ou argilosa				Solos siltosos		Solos argilosos	
Comportamento geral como sub-leito. ....	Excelente a bom							Fraco a pobre			

– Processo de classificação: Com os dados de laboratório, iniciar a classificação da esquerda para a direita, por eliminação. O primeiro grupo de esquerda que satisfizer aos dados, será o grupo procurado.

– Solos A-7: Se  $IP < LL - 30$  será A-7-5; Se  $IP > LL - 30$ , será A-7-6.

Figura 1: Classificação dos solos usando o sistema HRB.



## 2.9. Limites de Atterberg

Os limites de consistência são determinados através de dois ensaios: Limite de liquidez e de plasticidade. Os ensaios de consistência são realizados somente com a parte fina do solo representada pelo material que passa na peneira de abertura 0,42 mm.

**2.9.1. Limite de liquidez (LL)** é o teor de humidade determinado pelo aparelho de Casa-grande. Ele é constituído por uma concha metálica unida a uma manivela que a move, fazendo-a cair sobre uma base sólida um certo número de vezes, até o fechamento de 1 cm da ranhura padrão, feita previamente no solo colocado na concha. O limite de liquidez corresponde ao teor de humidade em que a ranhura se fecha com 25 golpes.

**2.9.2. Limite de plasticidade (LP)** é o teor de humidade necessário e suficiente para rolar uma porção do solo humedecido sobre uma placa de vidro até formar um pequeno cordão com 3 mm de diâmetro e 100 mm de comprimento. A diferença entre o limite de liquidez e de plasticidade determina o índice de plasticidade ( $IP = LL - LP$ ). Na prática, pode-se caracterizar o solo por seu índice de plasticidade e seu limite de liquidez, como mostrado na tabela 3 a seguir.

**Tabela 3:** Classificação dos solos em função dos limites de Atterberg.

Tipo de solo	Arenoso	Siltoso	Argiloso
IP%	0 a 10	5 a 25	> 20
LL%	0 a 30	25 a 50	> 40

Fonte: Craterre, (1979).

## 2.10. Compactação em laboratório

Conforme Neves et al (2005), a compactação são procedimentos que visam aumentar a compacidade de um solo pela redução de vazios através de esforços externos gerados por meios mecânicos.

### 2.10.1. Princípios fundamentais de compactação dos solos

O Eng<sup>o</sup> americano Ralph Proctor (1933) → Estabeleceu os princípios básicos da técnica e controle de compactação: “... A densidade que um solo atinge quando compactado sob uma dada energia de compactação depende da humidade do solo no momento da compactação”. A tabela 4 mostra as especificações das energias de compactação Normal, Intermediário e Modificado.

Tabela 4: Energias do Proctor Normal, Intermediário e Modificado.

Cilindro	Características de cada energia de compactação	Energias		
		Normal	Intermediária	Modificada
Pequeno	Soquete	Pequeno	Grande	Grande
	Número de camadas	3	3	5
	Número de golpes por camadas	26	21	27
Grande	Soquete	Grande	Grande	Grande
	Número de camadas	3	3	5
	Número de golpes por camadas	26	21	27
	Altura do disco espaçador (mm)	63.5	63.5	63.5

Fonte: NBR 7182/86.

**2.10.2. Energias de compactação** → É a energia transferida pelo equipamento compactador ao solo. De acordo com Saraiva (2007) o solo para ser compactado deverá estar com a humidade adequada para que o atrito interno das partículas não atrapalhe a movimentação dos grãos.

### 2.11. Procedimentos gerais de compactação no campo

De acordo com Dyminski (2012) é a sequência de operações de compactação no campo:

**Escolha da área de empréstimo** (problema técnico-económico) → distância de transporte, características geotécnicas e humidade do material em relação a humidade de compactação;

**Escavação** → É o local onde inicia o processo, onde gera o material visando à retirada do solo no terreno onde se obtém em excesso e é um serviço indispensável a qualquer obra de engenharia, seja lá qual for sua necessidade ou magnitude (Silva, 2008);

**Transporte** → É feito por equipamento adequado e necessário de acordo com a obra realizada e ainda com a quantidade de material a ser retirada na escavação;

**Limpeza, lançamento e espalhamento do material, escarificação para a camada seguinte** → usando buldózer e rippers;

**Regularização da área de trabalho** → uso de motoniveladora para acerto da altura da camada;

**Espessura das camadas** → ≤ 30 cm de material fofo para se ter 15 a 20 cm de solo compactado;

**Acerto da humidade, pulverização e homogeneização do material** → irrigação com camiões irrigadeiras, desagregação de torrões secos;

**Compactação propriamente dita** → uso de equipamentos escolhidos de acordo com o tipo de solo e de serviço;

**Controle de compactação** → o controle sobre os valores de hwót (tolerância de  $\pm 2$  a 3%) e  $\gamma_d$  Máx pelo grau de compactação especificado.

**OBS:** Evitar solos orgânicos ou turfosos (sempre!) e solos micáceos e saibrosos (se possível).

## 2.12. Controle do nível de água nos canais

O controlo é feito através de estruturas designadas comportas utilizadas para medir a vazão em condutos livres por meio de uma abertura feita no alto de uma parede por onde a água escoava livremente, apresentando, portanto a superfície sujeita à pressão atmosférica (Guedes, 2015).

Estas estruturas ajudam além do controlo de água na operação de uma rede de canais e tem como objetivo regular a passagem livre de água desde as fontes de abastecimento até os pontos de distribuição de forma a satisfazer as culturas (Garcia, 1999, Shahrokhnia e Javan, 2005).

### 2.12.1. Medição da vazão

O vertedor pode funcionar de duas diferentes formas. Quando operado em condições de descarga livre, o escoamento acontece livremente a jusante da parede do vertedor, onde atua a pressão atmosférica. Esta é a situação que mais tem sido estudada e a mais prática para a medição da vazão, devendo por isso ser observada quando na instalação do vertedor. A situação do vertedor afogado deve ser evitada na prática, pois existem poucos estudos sobre ela e é difícil medir a carga hidráulica  $H$  para o cálculo da vazão. Além disso, o escoamento não cai livremente a jusante do vertedor (Guedes, 2015).

## 2.13. O modelo CROPWAT

Segundo Smith & Kivumbi (2002) Apud Cambaza (2007), CROPWAT é um programa de computador para a gestão planeamento da irrigação. Contém funções básicas incluindo o cálculo da evapotranspiração de referência, necessidades de água da cultura e planos de culturas e de irrigação. O usuário pode simular várias condições de disponibilidade de água e estimular a redução do rendimento e eficiências de rega e de precipitação.

### 2.13.1. Limitações do modelo CROPWAT

Segundo Boteta et al (2005) Apud Cambaza (2007), o modelo CROPWAT tem limitações para ser utilizado em tempo real, porque utiliza valores mensais de precipitação e  $ET_o$ , embora seja uma boa ferramenta de planeamento e de controlo à posterior.

## 2.14. Elementos geométricos da seção do canal

Segundo Guedes (2015), os canais são condutos no qual a água escoa apresentando superfície sujeita à pressão atmosférica.

**2.14.1. Perda de Carga** → É um termo genérico designativo do consumo de energia desprendida por um fluido para vencer as resistências do escoamento. Essa energia se perde sob a forma de calor.

### 2.14.2. Seção transversal

Na figura 2 a seguir são apresentados os elementos da seção transversal do canal.

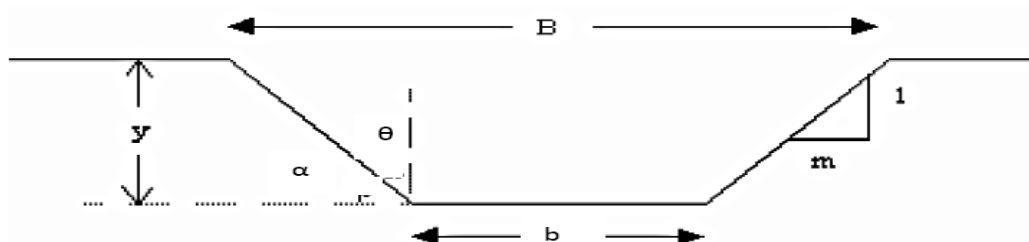


Figura 2: Seção transversal do canal. Fonte: Adaptado de Manninch (2006).

### 2.14.3. Velocidades médias aconselháveis

Conforme Guedes (2015), o dimensionamento de canais, deve levar em consideração certas limitações impostas pela qualidade da água transportada e pela natureza das paredes e do fundo do canal. A tabela 5 a seguir apresenta os limites aconselháveis de velocidade média nos canais. Outra limitação prática que deve ser levada em consideração, na definição da forma da seção do canal, principalmente no caso das seções trapezoidais, é a inclinação das paredes laterais. Esta inclinação depende principalmente da natureza das paredes.

Tabela 5: Limites aconselháveis de velocidade para escoamentos em canais.

Material das paredes	Velocidade (m/s)	
Areia muito fina	0.25	0.3
Areia muito grossa	0.45	0.6
Terreno arenoso comum	0.6	0.75
Terreno argiloso	0.8	0.85
Seixos, pedras	1.5	1.8
Alvenaria	1	2.5

Fonte: Costa e lança (2001).

#### **2.14.4. Folga dos canais**

Conforme o mesmo autor, na prática é sempre conveniente reforçar, por medida de segurança, as dimensões do canal. Depois do dimensionado o canal para escoar a vazão do projeto, é usual estabelecer uma folga de 20 a 30% da sua altura ( $y_n$ ). Esta folga além de contrabalançar a diminuição de sua capacidade, causada pela deposição de material transportado pela água e crescimento de vegetação (caso de canais de terra), evita também transbordamento causado por água de chuva, obstrução do canal etc.

#### **2.15. Classificação dos escoamentos em relação ao número de Froude (Fr).**

O número de Froude (Fr) expressa a raiz quadrada da relação existente entre as forças de inércia e de gravidade.

- ✓ O regime de escoamento crítico: ocorre para  $Fr = 1$ .
- ✓ O regime de escoamento supercrítico ou torrencial ou rápido: ocorre para  $Fr > 1$ .
- ✓ O regime de escoamento fluvial ou subcrítico ou lento ou tranquilo: ocorre para  $Fr < 1$ .

#### **2.16. Pesquisa de campo**

A pesquisa de campo é uma fase que é realizada após o estudo bibliográfico, para que o pesquisador tenha um bom conhecimento sobre o assunto, pois é nesta etapa que ele vai definir os objetivos da pesquisa, as hipóteses, definir qual é o meio de coleta de dados, tamanho da amostra e como os dados serão levantados e analisados (MARCONI & LAKATOS, 1996).

#### **2.17. Técnicas de colecta de dados no campo**

Numa pesquisa de campo podem ser utilizados vários procedimentos para a colecta de dados onde esses procedimentos variam de acordo com o tipo de investigação, a saber: questionários, colecta documental, entrevistas, observação participante e não participante, medidas de opiniões, medidas de atitudes, análise de conteúdos, testes, entre outros. A escolha do método e técnica utilizada, depende do objetivo da pesquisa, dos recursos financeiros disponíveis, da equipe e elementos no campo da investigação (MARCONI & LAKATOS, 1996).

### 2.18. Amostra

De acordo com Reis et al (1996), Designa-se amostra um conjunto de dados ou observações, recolhidos a partir de um subconjunto da população, que se estuda com o objectivo de tirar conclusões para a população de onde foi recolhida.

Em muitos casos é possível determinar o tamanho mínimo de uma amostra para estimar um parâmetro estatístico e a fórmula para o cálculo do tamanho da amostra é dada por equação 1 (Berenson et al, 2000):

$$n = \frac{N_0 \times N}{N_0 + N} \quad (1).$$

**Onde:**

n → Número de indivíduos na amostra.

No → Margem de erro ou erro máximo de estimativa (que corresponde a 5%).

N → Tamanho da população.

### 2.19. Dimensionamento de estruturas para construções rurais

O projecto de qualquer edificação, máquina ou outro elemento estrutural é um estudo através do qual os seus componentes são dimensionados de forma que tenham resistência suficiente para suportar os esforços para as condições de uso a que são submetidas (ISPG RM I e II, 2016 e 2017).

Ainda diz o mesmo autor que a condição geral de não ocorrência de ruína exige que o valor médio de factor de segurança seja  $\geq 1,5$  resultando numa condição estável.

### III. METODOLOGIA

Neste capítulo, foi apresentada de forma clara a metodologia usada para a elaboração do projecto final de monografia científica.

#### 3.1. Definição do tamanho da amostra

Para a definição do tamanho de amostra recorreu-se a fórmula de Berenson *et al* (2000), presente no subcapítulo 2.18 deste trabalho. Colheu-se o número total dos agricultores que operam as áreas do perímetro em estudo e segundo o cantoneiro da HICEP António Ndzucula responsável pelo monitoramento das áreas da zona de estudo e Daniel presidente da associação dos irrigantes da mesma zona o número total dos agricultores que operam as áreas é de cerca de 46 elementos. Os cálculos mostraram que o tamanho da amostra por entrevistar é de 3 elementos e na prática, foram entrevistados: 9 agricultores que fazem parte da associação da mesma área e 7 técnicos da DOP e DMOH da HICEP o que completa o total de 16 entrevistados para mais informações a respeito da pesquisa em causa e mais credibilidade, precisão e peso de informações.

#### 3.2. Estudo de viabilidade (Ambiental e Social) do projecto.

Como suporte para o estudo de viabilidade, a colecta de dados de campo foi desenvolvida na base de três técnicas que foram usadas separadamente e algumas em conjunto para atender os objetivos de estudo, a saber: entrevista, questionamentos e observação participante.

O questionário desenvolveu um conjunto de perguntas, onde a pessoa leu e respondeu sem a presença de um entrevistador, ele foi mandado via correio eletrónico (email). A entrevista se caracterizou pela presença de um entrevistador, onde abriu perguntas ao entrevistado (agricultor) anotando as respectivas respostas, ela foi feita directamente no campo, pessoalmente, em grupo e telefonicamente. Por fim a observação participante se caracterizou pela presença do pesquisador, onde acompanhou todas as actividades executadas, anotando os problemas e propondo as possíveis soluções no campo.

O estudo de viabilidade foi desenvolvido na base do método de uma entrevista semi-estruturada no terreno, na qual teve como característica básica na ordem de teorias sustentadas de hipóteses que se relacionam com o tema de pesquisa em causa, caracterização dos solos da região e também

desenvolveu se na base da observação participante, onde o observador participou nas entrevistas de Segunda a Sábado e por vezes nos Domingos com o auxílio de um inquérito de questões abertas (conforme o anexo 1 e 2) para os agricultores do regadio e para a empresa gestora (HICEP) e no levantamento de respostas (conforme o anexo 3 e 4). As entrevistas foram feitas pessoalmente com a finalidade de verificar os aspectos negativos que podem comprometer a implementação e o funcionamento do sistema de rega e que directo ou indirectamente podem deteriorar o ambiente e prejudicar os beneficiários e também verificou se os aspectos positivos que podem apresentar um retorno benéfico para os produtores da região de estudo.

### 3.3. Localização da zona de estudo.

Para mapear a zona obedeceu se os seguintes critérios: usou se o aparelho GPS para a retirada das coordenadas geográficas UTM (S 24°39'54.7") e (E 033°09'22.1") em seguida, com o recurso *Google earth* localizou se a imagem do local de implementação do projecto como mostra a figura 3. O estudo foi desenvolvido no canal D13E do Regadio de Chókwè situado na localidade de Conhane, posto administrativo de Lionde. Esta zona localiza se no sector hidráulico Sul e envolve cerca de 8 vilas nomeadamente: Lionde, Conhane, Contswane, Mapapa, Chipapa, Nwachicoluane, Massavasse e Hókwè. Refere-se ainda que esta zona é cruzada pela vala "V" denominada vala primária, a qual possui um comprimento de cerca de 23.960 m, com capacidade de drenar todas as águas do perímetro irrigado de Chókwè (HICEP, 2003). Vide os anexos 5 e 6 o mapa do distrito de Chókwè e do regadio de Chókwè.



**Figura 3:** Localização da zona de estudo. **Fonte:** autor (2019).



### 3.4. Levantamento topográfico na zona de intervenção do projecto

Esta actividade a qual constitui uma das fases do projecto visou conhecer a disposição dos níveis do terreno onde vai se construir o canal em relação as cotas dos campos de produção. Onde, para a execução do levantamento topográfico foi utilizado o recurso nível óptico no levantamento altimétrico, GPS para obtenção das coordenadas geográficas, tripé para fixação do aparelho topográfico, mira para medição das distâncias verticais (conforme ilustra a figura 4).

No início desta actividade, fixou-se o tripé sobre o solo, montou-se o aparelho nível óptico e foi nivelado. De seguida colocou-se o aparelho pronto seguindo o levantamento topográfico em que as leituras foram feitas na mira em que estava em conexão com o nível óptico e as coordenadas geográficas locais foram obtidas com auxílio do recurso GPS. Cujos dados obtidos foram devidamente tratados conforme o anexo 7 e 8.



Figura 4: Material topográfico e GPS. Fonte: autor (2019).

### 3.5. Colecta de amostras de solo

As amostras do solo foram recolhidas em três sítios distintos ao longo da trajetória do local onde se pretende instalar o sistema, antes da colecta usou-se a técnica de análise visual para identificar os locais representativos de colecta de solo e com auxílio de instrumentos tais como (pá e enxada) descartou-se uma profundidade de 60 cm na superfície para a retirada dos solos com matéria orgânica sendo impróprios para a realização de ensaios laboratoriais e depois coletou-se uma quantidade que corresponde a 10kg por cada amostra (conforme mostra a figura 5 e o anexo 9 o resumo dos materiais utilizados no laboratório na caracterização e compactação).



**Figura 5:** Colecta de amostras em diferentes pontos no campo. **Fonte:** Autor (2018).

Depois da coleta do solo no campo, o material foi logo transportado para o laboratório de solos do ISPG, onde foi espalhado nos sacos (conforme a figura 6) para secar ao ar atmosférico de modo a perder a humidade até a humidade higroscópica e depois do solo seco foi devidamente preparado conforme a norma ABNT NBR 6457/86.



**Figura 6:** Secagem ao ar atmosférico dos solos **Fonte:** autor (2019).

### 3.6. Preparação do solo NBR (6457/86)

O destorroamento foi realizado com o auxílio de um almofariz e uma mão de gral como determinado pela norma anteriormente citada (conforme a figura 7). Após o processo de destorroamento do solo, o mesmo foi repartido para formar as amostras a serem utilizadas nos ensaios de caracterização e de compactação de acordo com a norma ABNT NBR 6457/86.



**Figura 7:** Destorroamento de solos. **Fonte:** autor (2019).

### 3.7. Determinação do teor de humidade

Utilizou se uma colher para retirar uma quantidade representativa de solo e com o auxílio de uma balança electrónica de resolução de 0.01g pesou se a cápsula mais 100g de solo húmido para cada amostra e terminada a pesagem das amostras foram deixada numa estufa da marca Ecotherm a

105°C durante 24 horas (conforme a figura 8). Depois de completar 24 horas de secagem na estufa, deixou-se ao ar para arrefecer e prosseguiu se com a pesagem do solo seco na balança e utilizou se a equação 2 para se determinar o teor de humidade. Vide os detalhes no anexo - 10.

$$h = \frac{P_a}{P_s} \times 100 (\%) = \frac{P_{\text{Cápsula+ solo húmido}} - P_{\text{Cápsula+ solo seco}}}{P_{\text{Cápsula+ solo seco}} - P_{\text{Cápsula}}} \times 100 \% \quad (2).$$



Figura 8: Balança electrónica e estufa. Fonte: autor (2019).

### 3.8. Análise granulométrica de solos NBR (7181/84).

Para a realização do ensaio de granulometria foi utilizada a norma NBR 7181/84 e este foi feito através do método de peneiramento grosso e fino. De acordo com Neves et al., (2005), quando o solo possui uma percentagem grande de material fino com torrões, primeiramente faz se uma lavagem do solo na peneira nº 200 com abertura da malha de (0.075 mm), seguindo a secagem em estufa do material retido e posteriormente peneiramento na ordem de peneiras. Este procedimento leva a resultados mais correctos do que fazer o peneiramento directo da amostra seca. Vide os detalhes nos anexos 11 a 13.

#### 3.8.1. Metodologia do ensaio granulométrica NBR (7181/84).

A amostra de solo foi secada ao ar até a humidade higroscópica, desfez-se os torrões manualmente com recurso a almofariz e pilão, usou se a balança de resolução de 0.1g para medir 1kg e passou se o material no peneiro #10 correspondente a uma malha de 2,0mm, o material retido foi lavado no mesmo peneiro para tirar as partículas finas, e feito isso, foi colocado na cápsula e submetido na estufa a 105°C para secagem.

Depois do peneiramento grosso, a fração que passou na peneira #10 foi colocada no peneiro #200, correspondente a uma malha de 0,075mm e foi lavada com água a baixa pressão. Após a lavagem, todo o material foi colocado numa estufa à temperatura de 105°C durante 24h. Depois de 24 horas seco, o solo foi retirado da estufa, os peneiros foram organizados a partir da abertura de malha

maior para o menor (conforme a figura 9). Pesou-se e registou-se todo o material retido em cada peneira, vide o anexo - 8 os detalhes de análise granulométrica. Foi utilizada a classificação proposta por Casagrande em 1942 por ser prático e amplamente utilizado pelos engenheiros o sistema unificado de classificação de solos (SUCS).



**Figura 9:** Peneiras. **Fonte:** autor (2019).

### **3.9. Limites de Atterberg**

#### **3.9.1. Metodologia de ensaio de Limite de Liquidez NBR (6459/84)**

O limite de liquidez foi determinado através da concha de Casagrande (conforme a figura 10). Colocou-se uma amostra com cerca de 200g numa cápsula de porcelana e adicionou-se água destilada em pequenas quantidades, envolveu-se continuamente com o auxílio de uma espátula, de modo a se obter uma pasta homogénea líquida.

Transferiu-se a parte da mistura para a concha de Casagrande, moldou-se para que na parte central a espessura seja da ordem dos 10 mm. Abriu-se um sulco de dimensão normalizada no solo colocado na concha, registou-se o número de pancadas necessárias para fechar o sulco. Selecionou-se uma porção da amostra na zona do sulco, pesou-se e colocou-se na estufa. Repetiu-se três vezes este processo para cada intervalo de golpes de (15 a 25), (20 a 30) e (25 a 35) respectivamente. Depois do solo seco na estufa utilizou-se a equação 2 para se determinar o teor de humidade. Os anexos 14 a 16 demonstram os detalhes do teor de humidade de limite de liquidez. Para diferentes teores de água registou-se os diferentes números de pancadas. O teor em água correspondente a 25 pancadas equivale ao limite de liquidez.



Figura 10: Material usado no ensaio de Limite de Liquidez. Fonte: autor (2019).

### 3.9.2. Metodologia do ensaio de Limite de plasticidade NBR (7180/84).

A determinação do limite de plasticidade foi efetuada para a mesma amostra de solo utilizado na determinação do limite de liquidez. Depois de adição de água até uma consistência plástica selecionou-se 10g da amostra para começar o ensaio.

Determinou-se o limite de plasticidade pelo rolamento da amostra com a palma da mão contra uma placa de vidro fosco e o rolamento foi feito em movimentos de vaivém de 1segundo para cada movimento até que se forme um filamento com comprimento de 10 cm e diâmetro de 3 mm sobre uma placa de vidro. Quando o filamento cilíndrico atingiu um diâmetro de 3 mm com cerca de 10 cm de comprimento, pesou-se e colocou-se na estufa. Para a comprovação das dimensões do filamento usou-se uma régua para medir. Depois do solo seco na estufa utilizou-se a equação 2 para se determinar o teor de humidade do limite de plasticidade. O anexo 17 a 19 demonstra os detalhes do teor de humidade de limite de plasticidade. O processo repetiu-se três vezes e o procedimento é ilustrado na figura 11.



Figura 11: Material do ensaio de plasticidade. Fonte: autor (2019).

### 3.10. Ensaio de Compactação (Proctor intermediária).

#### 3.10.1. Metodologia do ensaio de compactação NBR (7182/86)

Para a realização do ensaio de compactação no laboratório teve-se como suporte a norma NBR 7182 (1986) e os procedimentos descritos por Neves et al., (2005), da seguinte ordem:

- ✓ Secou-se o material ao ar num compasso de espera correspondente a três (3) semanas até a humidade higroscópica abaixo para destorroá-lo;
- ✓ Passou-se o material na peneira #8 porém, a peneira #4 normalizada não se encontrava no laboratório e pesou-se 1kg para cada amostra por ensaiar;
- ✓ Adicionou-se uma quantidade de água destilada ao material até que este fique com cerca de 5% de humidade abaixo da humidade ótima, que se estimou apriori pelo conhecimento do limite de plasticidade, cujo valor foi muito próximo à humidade ótima.
- ✓ Homogeneizou-se bem a mistura e uma porção dela colocou-se dentro do molde cilíndrico;
- ✓ Aplicou-se 15 golpes com um soquete de massa de 4,5 kg que se deixou cair a uma altura de 77,5 cm na camada de solo e 3 para o número de camadas;
- ✓ A primeira porção do solo compactado ocupou cerca de 1/3 da altura total do molde;
- ✓ O material foi escarificado para conseguir uma melhor aderência entre as camadas subsequentes;
- ✓ A segunda camada foi colocada e o procedimento foi repetido.

Quando se completou três camadas, atingiu-se uma altura maior do que a do molde. Isto foi possível porque o molde possui um anel complementar que foi removido no final do ensaio e permitiu então retirar o excesso e acertar o volume com respeito à altura do molde original. O conjunto molde cilindro com solo foi pesado e com o peso total do corpo de prova e o volume do cilindro calculou-se a densidade. Tirou-se uma amostra por cada corpo de prova pesou-se e colocou-se na estufa. Depois do solo seco na estufa utilizou-se a equação 2 para se determinar o teor de humidade. Vide a figura 12 o material usado para ensaio de compactação. Os anexos 20 a 23 demonstram os detalhes do teor de humidade higroscópica e do ensaio de compactação.



**Figura 12:** Material de compactação de solos. **Fonte:** autor (2019).

No final, para a determinação da energia de compactação usou-se a equação 3.

$$E_c = \frac{P \times H \times N \times n}{V_c} \quad (3).$$

**Onde:**

$E_c$  → Energia de compactação (kg.cm/cm<sup>3</sup>);

$P$  → Massa do soquete (kg);

$H$  → Altura de queda do soquete (cm);

$N$  → Número de golpes por camada;

$n$  → Número de camadas ;

$V_c$  → Volume do molde (cm<sup>3</sup>).

### **3.11. Determinação das necessidades de água de rega da cultura**

Esta actividade consistiu na estimativa da quantidade de água necessária no projecto, onde aplicou se o método de entrevista comunitária aos agricultores da zona de estudo e o método de observação participante no campo para identificar as culturas mais produzidas e se escolheu uma amostra representativa de uma cultura que mais água demanda durante o seu ciclo de produção de modo que se garante disponibilidade total de água suficiente para responder as necessidades hídricas de quase todas as culturas em todas as estações do ano.

Os dados climáticos utilizados são da INAM referentes a estação meteorológica de Chókwè e foram obtidos no ISPG. Entretanto, optou se em usar os dados mais recentes dos últimos 10 anos de modo a fazer uma simulação mais precisa a partir do ano 2003 até 2012 para precipitação e temperatura, de 1990 até 1999 para a velocidade do vento, de 2000 até 2009 para a insolação e de 1997 até 2006 para humidade relativa conforme os anexos 24 a 29.

Deste modo, para se determinar as necessidades de água de rega aplicou-se o método de cálculo através do programa CROPWAT v8.0 e CLIMWAT v2.0 FAO, que é um programa computacional que consiste em calcular necessidades hídricas das culturas e necessidades de irrigação.

#### **3.11.1. Caudal do projecto**

Usou se a vazão net pico em (l/s/ha) dos cálculos de NAR de arroz e aplicou se a equação 4 com a eficiência da farma para encontrar o caudal bruto em l/s/ha e a equação 5 para encontrar o caudal bruto em l/s/64. No final a vazão transportada deve suprir as perdas por infiltração e por evaporação no canal.

$$Q_{\text{bruto}} \left(\frac{1}{s}/\text{ha}\right) = \frac{Q_{\text{net pico}}}{\text{ef}(\%)} \quad (4).$$

$$Q_{\text{(bruto)} \left(\frac{1}{s}/64\text{ha}\right)} = Q_{\text{bruto}} \times \text{Area total} \quad (5).$$

### 3.11.2. Caudal total do projecto.

Além do caudal necessário para responder a infiltração e a evaporação de água durante o escoamento no canal, considerou se mais 5% do caudal bruto em l/s/64 para responder outras perdas tais como: (saturação do solo para formar uma lâmina no campo, percolação vertical e horizontal ao longo do canal, compensação da evapotranspiração da cultura entre outros). Desse modo, utilizou se a equação 6.

$$Q_t = (Q_{\text{gross}} \times 5\%) + Q_{\text{gross}}; \quad (6).$$

**Onde:**

$Q_t$  → Caudal total do projecto em (m<sup>3</sup>/s).

### 3.11.3. Área irrigada diariamente

A área irrigada por dia foi determinada pela equação 7. Sendo que o período de irrigação foi considerado igual ao ciclo de rega horário/dia.

$$A_{I/d} = \frac{A_t}{CI_{h/d}}; \quad (7).$$

**Onde:**

$A_I$  → Área a ser irrigada em ha/horas/dia;

$CI_{h/d}$  → Tempo de irrigação em horas/dia;

$A_t$  → Área total em ha.

### 3.12. Demanda da evaporação

Para a determinação da demanda de evaporação foram usados os dados da INAM disponíveis no ISPG inerente a estação meteorológica do distrito de Chókwè a partir do ano 2003 até 2012, período que corresponde a uma década conforme as tabelas 6 e 7, onde considerou se todos os meses em que a evaporação média foi maior que a de precipitação e no mês em que a precipitação foi maior o valor da evaporação considerou-se nulo e este mês foi de Janeiro e encontra se bordado.



**Tabela 6:** Dados da evaporação do distrito de Chókwè (mm/década).

<b>Ano</b>	<b>Jan.</b>	<b>Fev.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>Mai.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Set.</b>	<b>Out.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dez.</b>
Média mensal	122	118	111.2	95.79	103.6	88.4	93.5	126.9	129	145.5	129.7	129
Média diária	3.94	4.21	3.59	3.19	3.34	2.95	3.02	4.09	4.3	4.69	4.32	4.16

Fonte: INAM.

**Tabela 7:** Dados de precipitação do distrito de Chókwè (mm/década).

<b>Ano</b>	<b>Jan.</b>	<b>Fev.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>Mai.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Set.</b>	<b>Out.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dez.</b>
Média	123.2	48.2	92.6	43.6	21.2	62.7	23.1	8.7	16.3	32.5	104.6	94.9

Fonte: INAM

Evaporação anual = 1270,59 mm = 1,270 m.

Evaporação media diária = 3,80 mm = 0,0038 m

Para o cálculo da vazão de evaporação de água no solo, foi considerada a taxa de evaporação média diária nas condições de clima da região do local de implementação onde usou se a equação 8 para calcular o caudal evaporado por dia (Honorato 2012):

$$Q_{\text{evaporação}} = T_{\text{evaporação}} \times B \times L; \quad (8).$$

**Onde:**

$Q_{\text{evaporação}}$  ↔ Vazão de evaporação em (m<sup>3</sup>/dia);

$T_{\text{evaporação}}$  ↔ Taxa de evaporação máxima diária em (m/dia);

$L$  ↔ Comprimento do canal, em (m);

$B$  ↔ Base maior do canal em (m).

### 3.13. Caudal de infiltração

De acordo com Honorato (2012), o cálculo da vazão de infiltração é considerado apenas para o canal de revestimento de terra, de acordo com a textura do solo estudada. Para a determinação da vazão de infiltração, adotou-se a equação 9 abaixo:

$$Q_I = VIB \times L \times P_m; \quad (9).$$

**Onde:**

$Q_I$  ↔ Vazão de infiltração (m<sup>3</sup>/h);

$VIB$  ↔ Vazão de infiltração básica em (m/h);

$L \leftrightarrow$  Comprimento do canal em (m);

$P_m \leftrightarrow$  Perímetro molhado em (m).

### 3.14. Dimensionamento da secção trapezoidal do canal de rega

Para o cálculo dos elementos do canal de secção trapezoidal utilizou se algumas equações propostas por Manning em (1889).

✓ **O cálculo da área total do canal utilizou se a equação 10:**

$$A_t = \frac{(B+b) \times h}{2}; \quad (10).$$

**Onde:**

$A_t \leftrightarrow$  Área total do canal em (m<sup>2</sup>);

$B \leftrightarrow$  Base maior do canal em (m);

$b \leftrightarrow$  Base menor em (m);

$h \leftrightarrow$  Altura do canal em (m).

✓ **O cálculo da área do perímetro molhado utilizou se a equação 11:**

$$A_m = y_n^2 (2\sqrt{1+z^2} - z); \quad (11).$$

**Onde:**

$A_m \leftrightarrow$  Área do perímetro molhada do canal em (m<sup>2</sup>);

$z \leftrightarrow$  Inclinação do talude (m:m);

$y_n \leftrightarrow$  Altura do canal em (m);

$b \leftrightarrow$  Base menor em (m).

✓ **O cálculo do perímetro molhado utilizou se a equação 12:**

$$P_m = 2y_n(2\sqrt{1+z^2} - z); \quad (12).$$

**Onde:**

$P_m \leftrightarrow$  Perímetro molhado em (m);

$b \leftrightarrow$  Base menor em (m);

$y_n \leftrightarrow$  Altura do canal em (m);

$z \leftrightarrow$  Inclinação do talude (m:m).

✓ **O cálculo do raio hidráulico utilizou se a equação 13:**

$$R_h = \frac{y_n}{2}; \quad (13).$$

**Onde:**

$R_h$  ↔ Raio hidráulico em (m);

$P_m$  ↔ Perímetro molhado em (m);

$A_m$  ↔ Área do perímetro molhada do canal em (m<sup>2</sup>).

✓ **O cálculo da largura superficial maior (B) utilizou se a equação 14:**

$$B = 2y_n\sqrt{1 + z^2}; \quad (14).$$

**Onde:**

$B$  ↔ Largura superficial maior (m);

$b$  ↔ Base menor (m);

$y_n$  ↔ Altura do canal em (m);

$z$  ↔ Inclinação do talude (m:m).

✓ **O cálculo da altura total do canal utilizou se a equação 15:**

$$H = y_n + f; \quad (15).$$

**Onde:**

$H$  ↔ Altura total do canal em (m);

$y_n$  ↔ Altura crítica da água em (m);

$f$  ↔ Folga em (m).

✓ **Para o cálculo da folga do canal utilizou se a equação 16:**

$$f = (20 \text{ a } 30) \% \times y_n; \quad (16).$$

**Onde:**

$f$  ↔ Folga em (m);

$y_n$  ↔ Altura da água em (m).

✓ **O cálculo da velocidade de escoamento de água em canais utilizou se a equação 17:**

$$V = \frac{1}{n} R_H^{2/3} \times \sqrt{I_0}; \quad (17).$$

**Onde:**

$V \leftrightarrow$  Velocidade em (m/s);

$n \leftrightarrow$  Coeficiente de rugosidade de Manning em %;

$R_h \leftrightarrow$  Raio hidráulico em (m);

$I_o \leftrightarrow$  Declividade em (m:m).

✓ **O cálculo da largura da base menor utilizou se a equação 18:**

$$b = 2y_n(\sqrt{1 + z^2} - z); \quad (18).$$

**Onde:**

$b \leftrightarrow$  base menor do canal (m);

$y_n \leftrightarrow$  Lâmina da água (m);

$z \leftrightarrow$  Inclinação de talude (m:m).

✓ **Inclinação recomendada para taludes do canal.**

A inclinação do talude foi escolhida em função do tipo do solo o qual o canal é construído e depende principalmente da natureza das paredes do canal. Vide a tabela 8.

**Tabela 8:** Inclinação dos taludes (valores de m).

<b>Material das paredes</b>	<b>(h ≤ 1 m)</b>	<b>(h &gt; 1 m)</b>
Rochas em boas condições	0	0.25
Argilas compactas	0.5	1 ou 0.75
Limo argiloso	1	1 ou 1.5
Limo arenoso	1.5	2
Areias soltas	2	3

Fonte: Costa e lança (2001).

✓ **Declividade do fundo do canal.**

Quanto maior for a declividade do canal, maior será a velocidade do escoamento, o que pode provocar erosão nos canais. Para a determinação da declividade do canal consultou se os limites recomendados para canais de revestimento de terra que constam na tabela 9.

**Tabela 9:** Valores da declividade limite.

<b>Estrutura</b>	<b>Declividade (m:m)</b>	<b>Declividade em (%)</b>
Canais de navegação	Até 0.00025	Até 0.025
Canais industriais	0.0004 a 0.0005	0.04 a 0.05
Canais de irrigação pequenos	0.0006 a 0.0008	0.06 a 0.08
Canais de irrigação grandes	0.0002 a 0.0005	0.02 a 0.05
Aquedutos de água potável	0.00015 a 0.001	0.015 a 0.1

**Fonte:** Azevedo Netto et al (1998).

✓ **Coefficiente de rugosidade de Manning (n).**

Para os escoamentos de água em canais naturais ou artificiais, a grande dificuldade é a presença dos factores de atrito que traduzem a perda de carga. Deste modo, escolheu-se o valor tipo da rugosidade que depende do revestimento do canal, o valor da rugosidade foi obtida através da consulta na tabela 10 considerando o solo sem revestimento.

**Tabela 10:** Coeficientes de rugosidade para canais artificiais

<b>Revestimento</b>	<b>Rugosidade</b>
Concreto pré-moldado	0.015
Solo sem revestimento	0.028
Geomembrana de PEAD	0.011

**Fonte:** Adaptada de Baptista e coelho (2010) e Codelco (2011).

✓ **Altura da lâmina da água (h).**

Este elemento do canal foi obtido através de aplicação do método de tentativa. Em que atribuiu-se o valor inicial hipotético e utilizou-se a equação 19 para encontrar o caudal calculado.

$$Q = \frac{A_m^{5/3}}{n P_m^{2/3}} \sqrt{I_0} \quad (19).$$

**Onde:**

Q ↔ Caudal calculado em (m<sup>3</sup>/s);

V ↔ Velocidade em (m/s).

A<sub>m</sub> ↔ Área do perímetro molhada do canal em (m<sup>2</sup>);

P<sub>m</sub> ↔ Perímetro molhado do canal em (m);

I<sub>0</sub> ↔ Declividade em (m:m);

n ↔ Coeficiente de rugosidade de Manning.

### 3.15. Regime de escoamento

A caracterização do regime do escoamento foi efetuada através de aplicação da equação 20 denominada Número de Froude (Fr).

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gy_n}}; \quad (20).$$

**Onde:**

Fr ↔ Número de Froude,

V ↔ Velocidade de escoamento;

g ↔ Aceleração de gravidade;

$y_h$  ↔ Profundidade crítica do canal.

### 3.16. Cálculo do volume e área de aterro nas banquetas do canal

Utilizou se as equações 21 e 22 e com base na configuração da secção transversal para se determinar o volume e área para o aterro e compactação das banquetas do canal.

**Volume de aterro**

$$V = L \times A \quad (21).$$

**Onde:**

V ↔ Volume da área de aterro em (m<sup>3</sup>);

A ↔ Área da banqueteta em (m<sup>2</sup>);

L ↔ Distancia longitudinal do canal (m);

B ↔ Base maior da banqueteta (m);

b ↔ Base menor da banqueteta em (m);

h ↔ Altura da banqueteta em (m).

**Área de aterro**

$$A = \frac{(B+b)}{2} \times h \quad (22).$$

### 3.17. Determinação de volume de solos para aterro e compactação das banquetas.

Esta actividade consistiu na quantificação do material de solos necessários para aterro, transportados da câmara de empréstimo até ao local da obra.

✓ **Para o cálculo de volume de corte utilizou se a equação 23 (Bizhub, 2009):**

$$V_c = \frac{V_a}{C}; \quad (23).$$

**Onde:**

$V_c \leftrightarrow$  Volume de terra medido no corte em  $m^3$ ;

$V_a \leftrightarrow$  Volume compacto no aterro em  $m^3$ ;

$C \leftrightarrow$  Contração (se a redução volumétrica é de 10%, a contração é de 90%).

A tabela 11 abaixo ilustra a relação entre o volume de solo escavado, transportado e compactado.

**Tabela 11:** Relação entre o volume de solo escavado, transportado e compactado.

Volume “in situ” em ( $m^3$ )	Volume solto em ( $m^3$ )	Volume compactado em ( $m^3$ )
1	1,25	0,9

**Para o cálculo do volume de terra solta ( $V_s$ ) utilizou se a equação 24:**

$$V_s = V_c (1 + E), \quad (24).$$

**Onde:**

$V_s \leftrightarrow$  Volume de terra solta em ( $m^3$ );

$V_c \leftrightarrow$  Volume medido no corte em ( $m^3$ );  $E \leftrightarrow$  Empolamento em (%).

Para determinar a quantidade de solo necessária na obra é preciso conhecer o tipo de solo, o anexo - 30 apresenta as percentagens de empolamento em função do tipo do solo estudado.

**3.18. Determinação do volume de abertura do canal trapezoidal.**

Para o cálculo do volume de corte/escavação recorreu - se o método de distâncias transversais, onde a aplicação desta fórmula para a determinação do volume de escavação supõe - se o relevo do local ser de forma plana a uma distância “D” e empregou se a equação 25 e 26:

$$A_{c1} = h \times \frac{(B + b)}{2} \quad (25).$$

$$A_{c1} = A_{c2}$$

$$V_{corte} = D \times \frac{(A_{c1} + A_{c2})}{2} \quad (26).$$

**3.19. Dimensionamento hidráulico de uma manilha de betão armado.**

Conforme a equação proposta por Manning, dimensionou-se uma manilha de betão armado para escoar as águas do canal principal num comprimento de 20 m para entrar no canal distribuidor secundário em estudo, onde considerou se a equação 27 para calcular o diâmetro da tubulação e

considerou se o mesmo caudal do projecto e a mesma velocidade de escoamento para encontrar a dimensão real da conduta capaz de responder a demanda.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}} \quad (27).$$

**Onde:**

D → Diâmetro de tubagem (m);

Q → Caudal do projecto (m<sup>3</sup>/s);

V → Velocidade de escoamento (m/s).

### 3.20. Dimensionamento de uma tomada de água (Comporta Módulo de Máscara).

Neste contexto, será dimensionado um vertedor de comporta do tipo módulo de máscara sem contrações, para permitir regular e elevar a carga hidráulica a montante e permitir a entrada a jusante do canal para irrigação de modo a maximizar o uso de água pelas plantas, facilitando a gestão e manter a vida útil da infraestrutura por longo tempo e garantir o rendimento aceitável na produção. Dai que conhecendo a altura da lâmina de água e o comprimento da soleira do vertedor pode se utilizar a equação 28 válida para o cálculo da vazão que sai por segundo em condições de descarga livre para vertedor quadrangular de parede delgada sem contrações laterais (Guedes, 2015).

$$Q = 1,838 LH^{3/2}; \quad (28).$$

**Onde:**

Q → Vazão (m<sup>3</sup>/s);

L → Comprimento da soleira (m);

H → Altura da lâmina (m).

**Algumas fórmulas propostas por Rankine usadas para a verificação da estabilidade da estrutura.**

**Fórmula da coesão dos solos**

$$C = \tau = \frac{\sigma_{rup}}{2} \quad (\text{kPa}) \quad (29).$$

**Fórmula do empuxo activo e passivo nas banquetas do canal.**

$$E_a = \gamma_s \times H^2 \times k_a \times \frac{1}{2} - 2C \times H(\sqrt{k_a}) \quad (\text{kPa}) \quad (30).$$



$$E_P = \gamma_s \times H^2 \times k_p \times \frac{1}{2} + 2C \times H(\sqrt{K_P}) \text{ (kPa)} \quad (31).$$

### Fórmula do empuxo de água nas estruturas

$$E_{\text{água}} = \frac{1}{2} \times \gamma_w \times H^2 \text{ (kN/m)} \quad (32).$$

### Fórmula para o peso próprio da estrutura.

$$P = \gamma_s \times A_{\text{aterro}} \times L \text{ (kN/m)} \quad (33).$$

### Fórmula de factor de segurança pelo método de fellenius

$$FS = \frac{\sum c' \times b_o + (\omega \times \cos \alpha - u \cdot b_o) \text{tg} \phi'}{\sum (\omega \times \sin \alpha)} \quad (34).$$

### 3.21. Verificação da segurança da estrutura ao derrubamento por rotação.

Para a estabilidade da estrutura projetada foi verificada a segurança quanto ao derrubamento por rotação, onde considerou-se o peso próprio da estrutura e as ações devido a pressão hidrostática, pressão sísmica e a vibração do peso próprio do maciço e aplicou se a seguinte equação abaixo proposta por Vaz (1985) e Rankine (SD).

$$FS = \frac{\sum M_{\text{est}}}{\sum M_{\text{Der}}} \quad (35).$$

### 3.22. Orçamentação dos custos envolvidos na construção do canal de rega

A orçamentação dos custos da construção do canal e seus elementos, apresenta os preços aplicados no mercado nacional, no aluguer dos equipamentos de construção foram considerados os preços aplicados pela Empresa Hidráulica de Chókwè (HICEP), onde para o efeito dos cálculos do orçamento, utilizou se as equações 36, 37 e 38 abaixo.

$$Pt_f = \sum P_f \quad (36).$$

$$Pt_v = \sum P_v \quad (37).$$

$$P_G = \sum (P_f + P_v) \quad (38).$$

#### Onde:

$Pt_f$  → Preço total fixo (Mt);

$Pt_v$  → Preço total variável (Mt);

$P_G$  → Preço geral (Mt).

## IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tendo em conta os objetivos específicos prescritos anteriormente para a execução do projecto final de monografia científica, foram alcançados os seguintes resultados e com base nos mesmos verificou se algumas discussões.

### 4.1. Definição do tamanho da amostra

Os cálculos mostraram que o resultado da definição do tamanho de amostra por entrevistar no campo é de 3 elementos e por questões de mais precisão, credibilidade e peso de informações a respeito da pesquisa em causa, foram entrevistados o total de 16 elementos.

### 4.2. Estudo de viabilidade (Ambiental e Social) do projecto.

Conforme as questões do anexo 1 e 2 e de acordo com as respostas do anexo 3 e 4 e com as observações feitas, apresentam uma média de cerca de 95% dos agricultores entrevistados no campo afirmando sobre as dificuldades de encerrar as águas para irrigar os campos e desse modo foi do consenso de todos os utentes que o projecto de um canal de rega a ter lugar nos campos do D13E torna se viável para a sua implementação.

De acordo com o Decreto nº 45/2004, de 29 de Setembro, esta investigação insere-se nas actividades de categoria C, para as quais não é necessariamente importante a realização de nenhum EIA, pelo facto de que os impactos negativos serem negligenciáveis, insignificantes, mínimos ou mesmo não existentes. Não existem impactos irreversíveis nesta categoria e os positivos são claramente superiores e mais significantes que os negativos.

### 4.3. Levantamento topográfico na zona de intervenção do projecto

O resultado das cotas do levantamento topográfico efectuado no local de implementação do projecto mostrou quase o terreno relativamente plano de igual maneira com as cotas dos campos de produção conforme ilustra a figura 13 e os detalhes constam no anexo 7 e 8.

Segundo Viega et al (2007) que em diversos trabalhos de engenharia o conhecimento das curvas de níveis do levantamento topográfico está presente na etapa de planeamento de projetos e fornece informações sobre o comportamento do terreno para a execução e acompanhamento das obras.

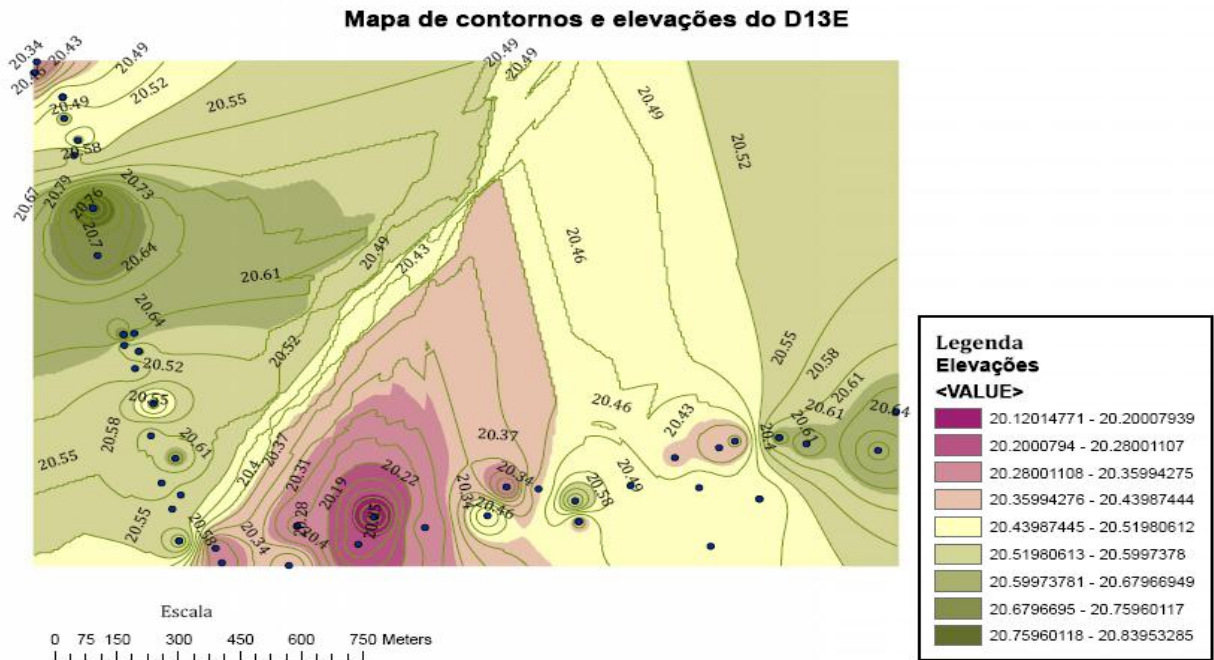


Figura 13: Curvas de níveis do levantamento topográfico. Fonte: autor (2019).

#### 4.4. Caracterização dos solos da região

##### 4.4.1. Determinação do teor de humidade

Os resultados do teor de humidade das amostras do solo P1A, P2B e P3 colhidas no campo ensaiadas no laboratório de solos estão ilustrados no anexo - 10.

##### 4.4.2. Análise granulométrica de solos

O resultado do ensaio granulométrica dos solos estudados no laboratório obedeceu a NBR (7181/86) e está ilustrado na figura 14 abaixo conforme a curva de distribuição granulométrica e os detalhes estão patentes nos anexos 11 a 13.

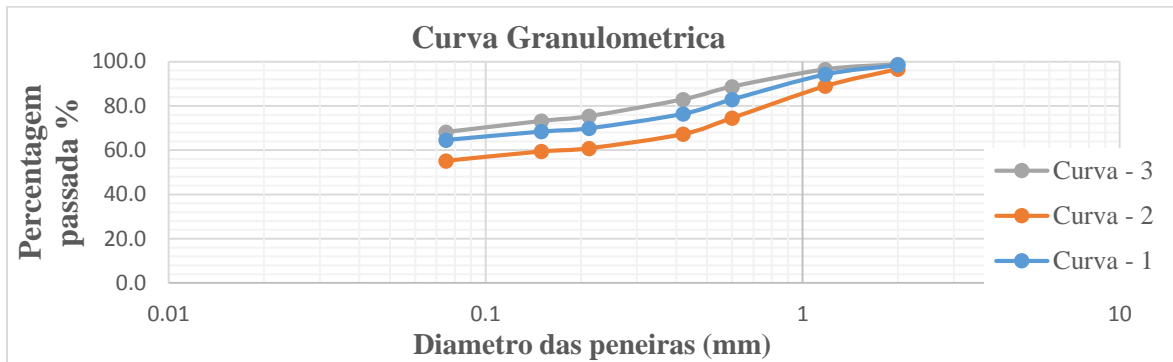


Figura 14: Curva de distribuição granulométrica. Fonte: autor (2019).

De acordo com as curvas (1, 2 e 3) ilustradas na figura 14 acima pode se dizer que a classificação dos solos segundo SUCS e H.R.B obedece a mesma ordem, sendo solos de fração mais fina, compostos por siltes e argilas ou pela combinação dos dois silto-argilosos e argila-siltosos porém de todas as frações estudadas contém maior percentagem de silte e argila.

#### 4.4.3. Limites de Atterberg

A figura 15 abaixo mostra o gráfico dos limites de liquidez para cada amostra do solo e os detalhes dos limites de consistência LL e LP constam nos anexos 14 a 19.

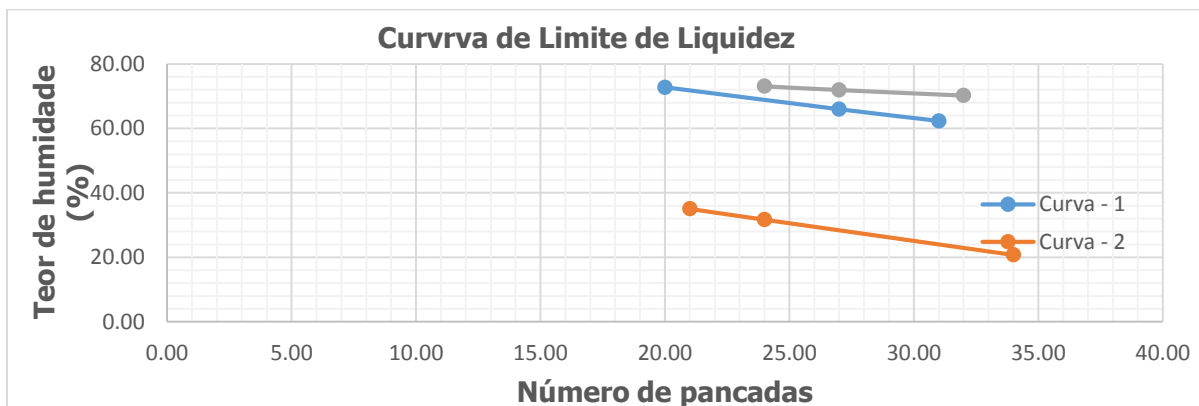


Figura 15: Curvas de Limite de Liquidez das amostras do solo. Fonte: autor (2019).

Através dos resultados de granulometria, LL, LP e IP dos solos estudados, foi possível classificar as amostras usando o sistema de classificação segundo SUCS e H.R.B, como pode ser visto na tabela 12 abaixo.

**Tabela 12:** Resumo de classificação de solos segundo SUCS e H.R.B.

<b>Ordem</b>	<b>P1A</b>	<b>P2B</b>	<b>P3</b>
%Passada #200	64.58	55.18	68.17
LL (%)	67.8	30.2	72.75
LP (%)	24.91	29.24	23.5
IP (%)	42.89	0.96	49.25
IC	1.3	18.72	1.23
H.R.B	A7-6	A4	A7-6
SUCS	CH	CL	MH

De acordo com a classificação segundo H.R.B os solos (P1A e P3) pertencem ao grupo (A7-6), porém, são solos de textura argilosa com alta plasticidade e com presença de matéria orgânica e o solo (P2B) pertence ao grupo (A4) é de textura siltosa com pouca plasticidade e pouca quantidade do material grosso e de argila. Segundo a classificação de solos SUCS os solos (P1A, P2B e P3) são solos mais finos (Siltos e Argilas), porém, o solo (P1A) é de textura argilosa muito plástico, o solo (P2B) é de textura argilosa pouco plástico e o (P3) é siltoso e elástico.

#### 4.4.4. Ensaio de Proctor

A compactação dos solos foi realizada na energia de Proctor intermediária, tendo-se utilizado um equipamento com as seguintes especificações: Peso de soquete de 4.5 kg, altura de queda 77.5 cm, volume do molde cilíndrico de 605.82 cm<sup>3</sup>, altura do molde cilíndrico de 7, diâmetro do molde cilíndrico de 10.5 cm, peso do molde cilíndrico de 1350 g, 15 para o número de golpes, 3 camadas, a seguir a figura 16 representa as respectivas curvas de compactação de cada solo para a mesma energia acima referenciada e os detalhes estão nos anexos 20 a 23.

Salienta Massad (2003), que existem diversas forças de energias para a compactação e podem ser obtidas com cilindros, situações em que o único parâmetro diferenciador passa a ser o número de golpes: para o Proctor normal: o soquete pequeno tem peso de 2,5 kg, o molde cilíndrico metálico com diâmetro de 10 cm e altura de 12,73 cm, volume do molde de 1000 cm<sup>3</sup>, um anel complementar metálico que permite a compactação da terceira camada de material dentro do cilindro, 26 para o numero de golpes por camada, com uma altura de soquete de 30,5cm e com 3 camadas, e de 21 golpes para a Energia Intermediária com uma altura de 45,7 cm e peso de 4,5 kg

com 3 camadas, e 55 para o Proctor Modificado com altura de 45,7 cm e peso de 4,5 kg com 5 camadas.

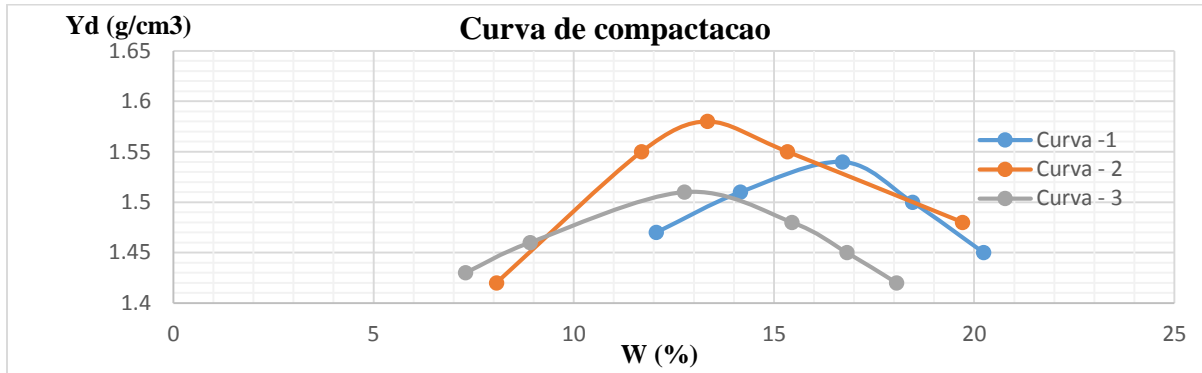


Figura 16: Curvas de compactação de solos da região. Fonte: autor (2019).

A compactação dos solos foi feita com propósito de se obter a densidade máxima seca, o teor de humidade ótima, a energia de compactação e a coesão dos corpos de prova submetidos a compressão simples, os resultados constam na tabela 13 abaixo.

Tabela 13: Resultados do ensaio Proctor normal

Amostras	W (%)	Yd (kN/m <sup>3</sup> )
P1A	16,5	15,6
P2B	12,8	15,9
P3	13	15,3
c	36,23 kPa	
Energia de compactação	25,90 Kg.cm/cm <sup>3</sup>	

#### 4.5. Ph da água utilizada na irrigação.

O ensaio de ph da água utilizada na irrigação apresentou o valor de 7,4 conforme mostra a tabela 14. E em comparação com os resultados obtidos por uma outra metodologia disponível na literatura, pode se afirmar que o valor de ph da água obtido no ensaio está dentro do intervalo observado por Gómes Lucas & Pedreno (1992) onde, existem uma grande importância dos pHs nos alimentos, pois para haver uma boa digestão alimentícia e um bom aproveitamento dos nutrientes e vitaminas, o pH deve ser ácido e o nível de acidez depende de cada cultura. O pH é

um parâmetro indicativo do grau de acidez ou alcalinidade do meio ou de uma solução. No caso das águas de irrigação, o pH é normal, quando está compreendido entre 6,5 e 8,4. Um pH fora desse intervalo normal, é um bom indicador de uma qualidade anormal da água ou de presença de um íon tóxico que pode incidir muito negativamente na população microbiana do solo, alterar os equilíbrios existentes no mesmo e inclusive danificar o sistema radicular das plantas.

**Tabela 14:** Resultados do ph da água.

<b>pH da água</b>			
<b>Repetições</b>	<b>Amostras de água</b>		
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1	7,4	7,39	7,35
2	7,42	7,38	7,34
3	7,38	7,46	7,3
Totais	7,4	7,41	7,33
Media total	7,4		
Temperaturas médias	33,7°C	34,3°C	34,8°C

#### **4.6. Ph do solo.**

O ensaio de ph do solo da zona de estudo mostrou o valor de 6,33 conforme a tabela 15. E em comparação com os resultados obtidos por uma outra metodologia disponível na literatura, pode se afirmar que o valor de ph do solo obtido no ensaio está dentro do intervalo observado por Gómes Lucas & Pedreno (1992) onde, a faixa do pH do solo entre 5,5 a 6,5 é aceitável para a produção de plantas como (Milho, Algodão, Amendoim, Arroz, Soja, Melancia, Trigo entre outras).

**Tabela 15:** Resultados do ph do solo.

<b>pH do solo</b>			
<b>Repetições</b>	<b>Amostras do solo</b>		
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1	6,24	6,1	6,25
2	6,28	6,2	6,77
3	6,29	6,26	6,62
Totais	6,27	6,19	6,55
Media total	6,33		
Temperaturas médias	26,6 °C	26,6 °C	26,3 °C

#### **4.7. Determinação das necessidades de água de rega.**

Durante a condução das entrevistas no campo e conforme as observações feitas, constatou-se que a produção é feita em épocas (quente e fresca) porém, as principais culturas produzidas na época quente naquela zona apenas é o arroz e na época fresca são as hortícolas nomeadamente Feijão manteiga, Milho e Tomate e foi considerado a cultura de arroz no dimensionamento para estimativa do caudal do projecto sendo a cultura que mais água demanda para responder as necessidades de água de rega.

##### **4.7.1. Caudal do projecto.**

Considerando a cultura de arroz sendo a que mais consome água, o resultado do caudal net pico em l/s/ha é de 0,98; em mm/mês/ha é de 261,7 e por ciclo é de 681,2 mm conforme a tabela 16.

O caudal bruto obtido pela razão entre o caudal net pico em l/s/ha do mês de Outubro e a eficiência da farma para canais de 70% é de 1,4 l/s/ha. O caudal bruto do projecto para 64ha é de 89,6 l/s e no final a vazão transportada deve suprir as perdas por infiltração e por evaporação ao longo do canal.

De acordo com Carvalho et al (2013), de maneira geral o arroz exige as seguintes quantidades: 30% na fase vegetativa, 55% na fase reprodutiva e 15% na fase de maturação. Em média considera-se de 180 a 300 mm de água/mês ser suficiente para uma razoável produtividade de arroz. E pode se afirmar que os dados das necessidades de água de arroz estão dentro do intervalo dos dados observados por Carvalho et al (2013), onde as necessidades de água para o arroz por ciclo variam de 450 - 700 mm, dependendo do clima e da variedade.

**Tabela 16:** Resultado de NAR de culturas produzidas no campo.

<b>Culturas</b>	<b>Jan.</b>	<b>Fev.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>Mai.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Set.</b>	<b>Out.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dez.</b>
Arroz (l/s/ha)	0.31	0.17	0	0	0	0	0	0	0.43	0.98	0.29	0.41
Arroz (mm/mês/ha)	83.7	40	0	0	0	0	0	0	111.8	261.7	75.1	108.9
Feijão (l/s/ha)	0	0	0	0.15	0.32	0.07	0.01	0	0	0	0	0
Feijão (mm/mês/ha)	0	0	0	39.8	86.7	17.7	1.9	0	0	0	0	0
Tomate l/s/ha	0	0	0.03	0.14	0.28	0.13	0.23	0.05	0	0	0	0
Tomate (mm/mês/ha)	0	0	7.7	36.1	76.3	33.6	61	12.7	0	0	0	0
Milho (l/s/ha)	0	0	0	0.12	0.33	0.12	0.03	0	0	0	0	0
Milho (mm/mês/ha)	0	0	0	30.9	88.6	30.2	7.7	0	0	0	0	0



#### 4.7.2. Caudal total do projecto

Além do caudal da infiltração e evaporação, considerou se mais 5 % do caudal bruto em l/s/64ha, que vai responder outras perdas tais como: (saturação do solo para formar uma lâmina no campo, percolação vertical e horizontal ao longo do canal, compensação da evapotranspiração da cultura entre outras).

De acordo com a HICEP (2003), os caudais das unidades hidráulicas secundárias do regadio de Chókwe variam entre 100 a 4000 l/s. Os cálculos mostraram o caudal total de 95 l/s/64ha para o projecto do canal secundário em estudo. Entretanto, verificou-se uma pequena divergência nos resultados obtidos no dimensionamento com os resultados propostos pela empresa.

Conforme Honorato (2012), a determinação da vazão máxima do projecto é um factor primordial para o dimensionamento do canal de distribuição principal, sendo que o canal deve ser dimensionado para transportar a vazão necessária para o consumo na irrigação. Todavia, deve se considerar a vazão máxima para que na ocorrência de precipitação não ocorra transbordamento de água.

#### 4.7.3. Área irrigada diariamente

Por questões técnicas considerando o caudal do projecto de 95 l/s/64ha, dividiu se a área em blocos de 6,4 ha por caleira de 32 l/s, considerou se três caleiras a operar no campo e a área útil total irrigada por dia é de 19,2 ha, o tempo necessário para regar por dia é de 10 horas, o ciclo para completar a rega de 4 dias e o intervalo de uma rega para outra de 11 dias.

#### 4.8. Caudal de evaporação

Considerou se a taxa de evaporação média diária de 3,8 mm/dia, usando a base maior do canal de 2,24 m e o comprimento de 1,7 km resultando numa vazão que corresponde a 0,6 m<sup>3</sup>/h.

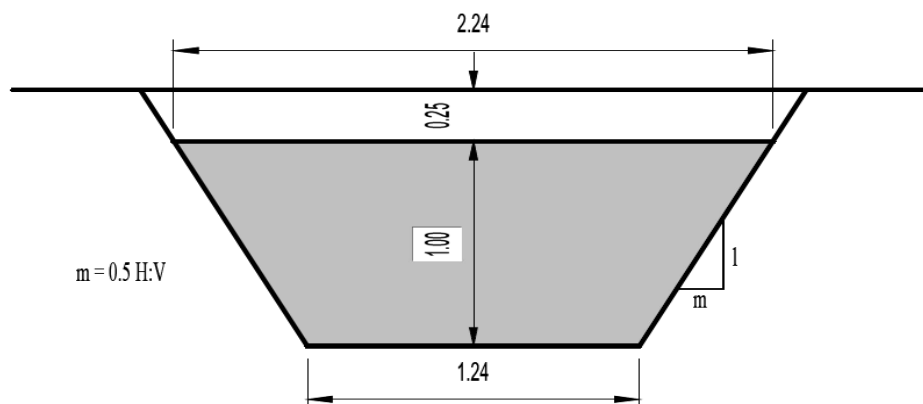
#### 4.9. Caudal de infiltração

O resultado dos cálculos da vazão das perdas por infiltração ao longo do canal numa extensão de 1,7 km e o perímetro molhado de 3,47 m apresentou o valor de 163,99 m<sup>3</sup>/h.

#### 4.10. Dimensionamento da secção transversal do canal trapezoidal

Os resultados obtidos da secção transversal do canal trapezoidal estão apresentados na figura 17 e tabela 17 abaixo e o anexo 31 ilustra o croqui do projecto como deve ser feito no campo.

De acordo com Honorato (2012), A secção trapezoidal é a que mais se adapta aos tipos de revestimento, todavia deve se atentar à inclinação das paredes laterais do canal para garantir sua estabilidade e permanência, recomenda se adoptar como coeficiente de rugosidade do projecto, valores entre (10 a 15) % maiores do que aqueles apresentados nas tabelas para qualquer revestimento utilizado. Deve se em canais abertos e principalmente em canais fechados, deixar uma folga de 20 a 30 % da lâmina de água, acima do nível de água máximo do projecto. De acordo com HICEP (2003), a velocidade de escoamento de água em canais é de 0.6 m/s para garantir a vida útil e evitar a ocorrência de erosão nos taludes facto que pode provocar a estagnidade de água no fundo do canal.



**Figura 17:** Secção transversal do canal de rega. **Fonte:** auto (2019).

**Tabela 17:** Resultados da secção transversal trapezoidal do canal de rega.

Elemento	$A_t$ ( $m^2$ )	B (m)	$y_n$ (m)	b (m)	$R_H$ (m)	$A_m$ ( $m^2$ )	$P_m$ (m)	V (m/s)	f (m)	$H_t$ (m)	n	$I_0$ (%)	m
Valor	2.09	2.24	1	1.24	0.5	1.74	3.47	0.6	0.25	1.25	0.028	0.07	0.5

#### 4.11. Regime de escoamento

A caracterização do regime de escoamento foi estudada através de aplicação da equação denominada Número de Froude (Fr), onde o  $Fr < 1$  ou seja igual 0,19 e este número caracterizou o tipo de regime de escoamento subcritico.

#### 4.12. Determinação do volume de solo para aterro e compactação das banquetas

A área total das banquetas e do canal por aterrar é de  $9,286 \text{ m}^2$  numa extensão de 1,7 km e obteve se o volume total necessário para aterro de  $15787 \text{ m}^3$ . Onde o volume por escavar para abertura do canal na secção de aterro foi de  $3961 \text{ m}^3$ . Conforme os resultados detalhados na tabela 18.

De acordo com Souza (2014), é preciso projetar a execução do aterro com conhecimento prévio dos solos existentes mais próximos do local da obra e nas áreas de menor custo de escavação. Ele deve ser projetado para os solos de menor custo existentes próximos à obra. Os solos para a execução dos aterros são provenientes de escavações nas camaras de empréstimos e através dos ensaios laboratoriais onde irá se determinar as propriedades de resistência, compressibilidade e ou permeabilidade quando necessárias para as diferentes obras. Com estes parâmetros tornam-se possíveis os cálculos de engenharia geotécnica que então proporcionam o dimensionamento dos taludes, banquetas, aterros e camadas “impermeáveis”, entre outras, que trazem a devida segurança às obras já citadas.

**Tabela 18:** Resultados dos elementos da secção transversal das banquetas do canal.

Elementos	Resultados
Base maior da banqueteta (m)	3.565
Base menor da banqueteta (m)	2
Altura (m)	1.25
Inclinação do talude da banqueteta (m)	0.75
Área das banquetas ( $\text{m}^2$ )	6.956
Volume do aterro das banquetas ( $\text{m}^3$ )	11826
Volume total de corte na camara de empréstimo ( $\text{m}^3$ )	17542
Volume total de terra solta da camara de empréstimo ( $\text{m}^3$ )	24559
Volume de escavação do canal ( $\text{m}^3$ )	3961
Área de corte do canal ( $\text{m}^2$ )	2.33

A seguir vide a figura 18 abaixo que ilustra a área da secção transversal das banquetas e por onde será escavado para abertura do canal.

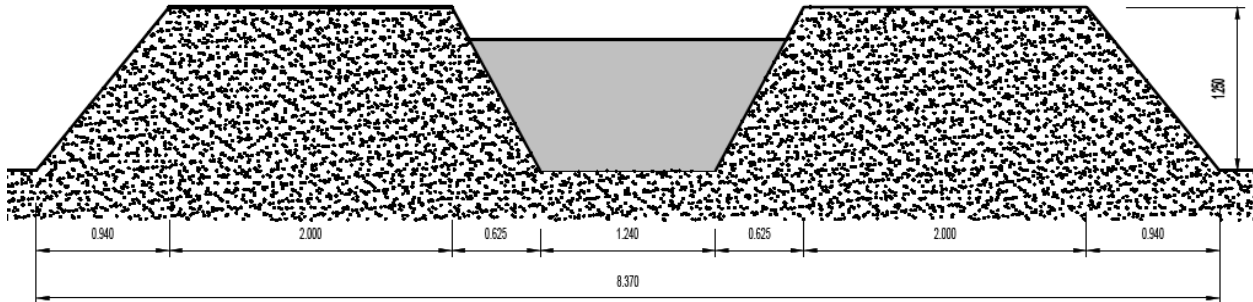


Figura 18: Secção transversal da área de terreno. Fonte: autor (2019).

#### 4.13. Verificação da segurança ao derrubamento por rotação da estrutura

A verificação da estabilidade da estrutura apresentou um valor de coeficiente de segurança quanto ao derrubamento por rotação de 4,13 e aplicou-se o factor de minoração de 1,5 e obteve-se o valor de 2,75 para questões mais económicas. O resultado de factor de segurança pelo método de fellenius foi de 4,28 e foi minorado para 2,85. O empuxo activo foi de - 23,73 kPa e o passivo foi de 377,40 kPa. O empuxo de água nas estruturas foi de 4,905 kN/m. E o peso próprio da estrutura foi de 53,220 kN/m. A pressão sísmica foi de 5,322 kN/m. A vibração do peso próprio foi de 2,661 kN/m.

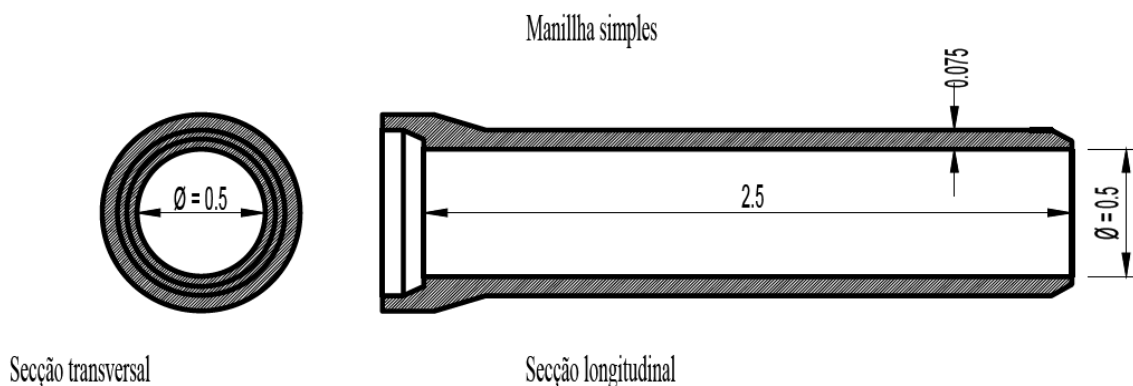
O valor estabelecido do coeficiente de segurança ao derrubamento por rotação está dentro dos padrões predefinidos no subcapítulo 2.20 e é satisfatório na verificação da estrutura.

#### 4.14. Dimensionamento hidráulico de uma manilha de betão armado.

O dimensionamento de uma manilha baseou-se nas fórmulas propostas por Manning onde se obteve um diâmetro de 0,500 m conforme os diâmetros disponíveis no mercado e considerando o caudal do projecto de 95 l/s e uma velocidade de 0,60 m/s e pode-se optar na escolha de uma manilha de 2,5 m de comprimento e 75 mm de espessura. A seguir a figura 19 ilustra a secção transversal de uma manilha.

Segundo Souza (2004), o dimensionamento hidráulico de uma conduta adutora gravítica em pressão, é na maioria dos casos um problema de simples solução. Na realidade resume-se de acordo com o

caudal do dimensionamento para a determinação do diâmetro mínimo de tubagem. Os parâmetros que condicionam o escoamento hidráulico são: o caudal (Q), a perda de carga unitária (J), a velocidade média do escoamento (V) e o diâmetro (D). Em adutoras por gravidade, torna-se conveniente que os valores limites das velocidades se situem entre 0,30 a 1,50 m/s.



**Figura 19:** Secção transversal de uma manilha. **Fonte:** autor (2019).

#### 4.15. Dimensionamento de uma tomada de água módulo de máscara.

O dimensionamento de uma comporta do tipo módulo de máscara apresentou as seguintes medidas 40 x 40 cm de comprimento e altura. E devido a falta da cotação do preço desta a nível do mercado nacional vai se optar em usar a comporta plana. A seguir a figura 20 ilustra a vista da comporta.

Comporta:  $A = 0,4\text{m} \times 0,4\text{m}$

$Q_{\text{nominal}} = 95 \text{ l/s}$

Montante



Jusante

**Figura 20:** Vista frontal da comporta. **Fonte:** autor (2019).

#### 4.16. Orçamentação dos custos envolvidos na construção do canal de rega

O anexo 32 ilustra os custos envolvidos para a construção do canal de rega nos campos do D13E na Localidade de Conhane, no qual foi obtido um orçamento de 326409,04 MT.

## V. CONCLUSÃO

Durante o estudo de viabilidade, envolveu-se a comunidade agrícola na realização das entrevistas, onde foi do interesse comum a construção do projecto de um canal de rega e na indicação dos locais marginais por onde irão servir de câmaras de empréstimo para o aterro das banquetas.

Em relação às necessidades de água das culturas, constatou-se que a demanda é maior no mês de Outubro referente à época quente, pelo que foi necessário considerar o volume total de água da cultura de arroz no dimensionamento.

A escolha do local de implementação do projecto, decisão do posicionamento da obra bem como a determinação do volume do aterro foi com base do recurso ao levantamento topográfico.

A caracterização laboratorial mostrou que os solos são de textura argilosa com alta plasticidade e uma parte siltosa com baixa plasticidade e foi constatado que podem ser aplicáveis para o aterro das banquetas.

A energia de compactação de solos estudada no laboratório foi de 25,90 kg.cm/cm<sup>3</sup>.

O diâmetro da manilha obtido foi de 0,500 m, numa linha de 20 metros de comprimento e foi observado que a jusante do descarregador da manilha deve ser colocada gabiões de dissipação de energia.

O caudal de irrigação obtido no dimensionamento do canal foi de 95 l/s para 64 ha. Com a base menor de 1,24 m, base maior de 2,24 m, inclinação de taludes de 0,5 m e lâmina de água de 1 m.

A quantidade estimada de solos para o aterro foi de 15787 m<sup>3</sup> e irá permitir que as banquetas do canal apresentem uma altura ideal tal que a água armazenada permite deste modo o fluxo contínuo para irrigação.

O tamanho da área por irrigar por dia será de 19,2 ha considerando o caudal total do projecto de 95 l/s/64ha, com duração de tempo necessário para regar por dia de 10 horas, o ciclo para completar a rega de 4 dias e o intervalo de uma rega para outra de 11 dias.

O orçamento obtido para a construção do canal de rega é de 326409,04 MT.

No que concerne à estabilidade da estrutura, pode-se concluir que com base no valor obtido de 2,75 referente ao factor de segurança quanto ao derrubamento por rotação e 2,85 referente à estabilidade de talude quanto à ruptura, está garantido que a estrutura não irá ruir devido às pressões hidrostáticas, pressão sísmica e à vibração do maciço que tendem a derrubar.

## **VI. RECOMENDAÇÃO**

Para a Empresa Hidráulica de Chókwè (HICEP). Recomenda-se:

- Usar as características indicadas neste documento para construir o projecto de um canal de rega não – revestido para satisfazer os 64 hectares;
- Usar o equipamento adequado para o transporte de solos para a construção do canal;
- Usar a câmara de empréstimo identificada no projecto para garantir a estabilidade da estrutura;
- No acto da construção do canal, efectuar periodicamente os testes de compactação para garantir que haja consolidação dos solos;
- No acto da execução do aterro e compactação das banquetas deve se obedecer a energia especificada e deve se garantir o teor de humidade óptima;
- No âmbito da colocação da comporta, deve se bloquear o curso de água na secção, do canal principal através de um by-pass;
- Devem ser feitos os serviços de conservação do solo com vegetação ao redor dos taludes;
- A compactação deve obedecer uma espessura entre 25 a 30 cm para solos coesivos;
- Deve se usar instrumentos topográficos na manutenção das obras com a utilização de equipamentos mecânicos;
- Deve se aplicar as normas técnicas de operação e manutenção adequada;
- Deve se aplicar uma escala de rega, para garantir que todos possam irrigar os seus campos em períodos de picos de rega.

## VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT 1995, *Rochas e solos. Terminologia*. Rio de Janeiro: ABNT. 18 p.
- ABNT 2004, NBR 5462: *Confiabilidade e Manutenibilidade*. Rio de Janeiro.
- Autoridade Nacional de Proteção Civil 2008, *Manual de Avaliação do Impacto na Vertente de Proteção Civil*.
- Barreto, A. N 2004, *Irrigação e drenagem na empresa agrícola*. 1 ed. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros; Campina Grande: Embrapa Algodão.
- Berenson, M.L, Levine, D.M, e Stephan, D 2000, *Estatística: Teoria e Aplicações usando Microsoft Excel em Português*. Rio de Janeiro: LTC.
- Bernardo, S 1995, *Manual de irrigação*. 6. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 657 p.
- Bizhub, K. M. 2009.
- Boletim da Republica, Decreto nº 45/2004, de 29 de Setembro – Maputo.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.357, de 17 de março de 2005. Disponível em:  
<<http://www.mma.gov.br/port/CONAMA/res/res5/res35705.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2005.
- Marouelli, W. A, Silva, W. L. C, Silva, H. R 2001, *Irrigação por aspersão em hortaliças/qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo*. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 111 p.
- Cambaza, C. M 2007, *Estudo de datas de sementeira para reduzir o risco de falha da cultura de milho (Zea mays L.) na agricultura de sequeiro no Distrito de Chókwè*, Universidade Eduardo Mondlane Faculdade de Agronomia E Engenharia Florestal, Maputo.
- Carvalho, L. A. 2002, *Condutividade hidraulica do solo no campo: As simplificações do método do perfil instantâneo*. Estado de São Paulo - Brasil: Peracicaba.
- Carvalho, I. R, Korcelski, C, Pelissari, G, Hanus, A. D, Rosa, G, M 2013, *Demanda Hídrica das Culturas de Interesse Agronômico*. Frederico Westphalen. São Paulo.
- CEPED 1984, *Manual da construção com solo-cimento*, 2 ed. Salvador.
- Consultec 1996, *Monografia hidrográfica da bacia do rio Limpopo*; DNA, Maputo.
- Cunha, O 2016, *Relatório de Impacto Ambiental - RIMA. VOLUME IX – RIMA*.
- DAS, B. M 2007, *Fundamentos de Engenharia Geotécnica*. São Paulo: Thomson.
- Direção Nacional de Águas 2007, *Políticas de Águas*. Maputo.



- Dyminski, A. S 2012, *Mecânica do solo III: Compactação no campo*. São Paulo.
- Eliane A. A. F, Marcio, K, Norman, R, Tania S. S, Rebeca, P 2012, *Determinação da infiltração e velocidade de infiltração de Água pelo método de infiltrômetro de anel em solo de cerrado*. No município de rondonópolis-mt. Goiânia, v.8, N.14; p. 2012 369.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations; IFAD – International Fund for Agriculture Development 2006, *Water for Food, Agriculture and Rural Livelihoods*. In: UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Water, a shared responsibility: the United Nations world water development report 2. New York: Berghahn Books, p. 243-273.
- FAO 1992, *Irrigation Water Management – Training Manual no. 7 – Canals*.
- García, N. H 1999, *Perspectivas en automatización fluidica de canales*. In: Congreso Nacional de Irrigación, 9., 1999, Culiacán. Anais... Culiacán : ANEI, p.39-49.
- GÓMEZ LUCAS, N, PEDRENO, M. B 1992, *Aguas de riego: Análises e interpretação*. Universidade de Alicante. 63p.
- Guedes, H. A. S 2015, *Hidráulica*. PELOTAS – RS.
- HICEP 2003, *Manual de Operação e Manutenção*. Tomo I. França. Retrieved from BRL.
- HICEP 2003, *Manual de Operação e Manutenção*. Tomo II. França. Retrieved from BRL.
- Honorato, J. M. 2012, *Projecto de um canal trapezoidal para irrigação*. Anópolis-Go.
- INFANTE, P. S, SEGERER, C. D 2010, *Guía de Estúdio “Obras Hidráulicas I”*. Universidad Nacional De Cuyo – Facultad De Ingenieria.
- Keremane, G. B, Mckay, J. 2007, *Successful wastewater reuse scheme and sustainable development: a case study in Adelaide*. *Water and Environment Journal*. v. 21, n. 2, p. 83-91.
- Luna, H. D. 2013, *Manutenção em Canais de Irrigação Revestidos em Concreto*. Recife-Pernambuco.
- Maduma, D 2001, *Associações de camponeses e a reabilitação do regadio de Chókwè (Tese de licenciatura)* FAEF-UEM, Maputo. Moçambique.
- Marconi, M. D. A, Lakatos, E. M 1996, *Técnicas de pesquisa: Planejamento E Execução De Pesquisas, Amostras E Técnicas De Pesquisas, Elaboração, Análise E Interpretação De Dados*. 3.ed. São Paulo: Atlas.
- Massad, F 2003, *Obras de Terra - Curso Básico de Geotécnica*. Oficina de Textos.

- Ministério de Planificação e Desenvolvimento 2013, *Diagnóstico Preliminar e Ações de Reconstrução Pós-Calamidade 2013*. Maputo.
- Ministério de Administração Estatal 2005, *Perfil de distrito de Chókwè província de Gaza*. Maputo.
- Nakanishi, F. Y, Gusso, F. E. N, Santos, R. W. N 2005, *Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas*. São Paulo. Secretaria de Estado de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento. DAEE. 116 p.
- Neves, C. M. M, Faria, O. B, Rotondaro, R, Salas, P. C, Hoffmann, M 2005, *Seleção de solos e métodos de controlo em construção com terra – práticas de campo*. Proterra. XIV.6.
- NBR - 6457, 1986, *Preparação de amostras do solo para ensaios de compactação e caracterização (análise granulométrica e determinação de limites de liquidez e plasticidade)*. ABNT.
- NBR - 7180, 1984, *Determinação do limite de plasticidade*. ABNT.
- NBR - 7181, 1984, *Análise granulométrica*. ABNT.
- NBR - 6459, 1984, *Determinação do limite de liquidez*. ABNT.
- NBR - 7182, 1986, *Ensaio de compactação*. ABNT.
- NBR - 6502, 1995, *Classificação das partículas segundo seus diâmetros equivalentes*. ABNT.
- Paz, V. P. S, Teodoro, R. E. F, Mendonça, F. C 2000, *Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 4, n. 3, p. 465-473.
- Pinto, C. S. 2006, *Curso Básico de Mecânica dos Solos*. 3.ed São Paulo: Oficina de Textos. 353 p.il.
- Reis, E, Vicente, P, Ferrão, F 1996, *Sondagens - A amostragem como factor decisivo da qualidade*. Lisboa, Edições Sílabo.
- RESOLUÇÃO CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0001-230186.PDF>.
- Saraiva, S. L. 2007, *Apostila de Mecânica dos Solos*.
- Silva, L. R. E 2008, *Compactação do solo*. Itatiba/SP.
- Souza, Z. M, Alves, M. C 2003, *Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejo*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.7, n.1, p. 18 - 23.

- Souza, F. B. (2014). Controle Tecnológico Aplicado a Obras de Terraplenagem Estudo de Caso da Via Expressa Transolímpica. Escola Politécnica da Universidade Federal Rio de Janeiro, Brazil.
- Souza, F. B. 2004, *Controle Tecnológico Aplicado em Obras de Terraplenagem. Estudo De Caso da Via Expressa Transolímpica*. Rio de Janeiro – RJ - Brasil.
- Shahrokhnia, M. A, Javan, M. 2005, Performance assessment of Doroodzan irrigation network by steady state hydraulic modeling. *Irrigation and Drainage Systems*. v. 19, n. 2, p. 189-206.
- Tiago, J. 2012, *Impactos Fisicos e Socioeconomicos das Mudancas Climaticas na Bacia do Rio Limpopo*. Instituto Nacional de Gestao de Calamidades.
- USDA 1997, *Irrigation Guide*. National Engineering Hanbook.
- Vaz, A. C 1985, *Modelos de planeamento de sistemas de albufeiras em condições de incerteza*, Tese de doutoramento, Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Viega, L. A. K, Zaneti, M. A. Z, Faggion, P. L 2007, *Fundamentos de Topografia*.

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1 ↔ Inquérito para os agricultores do D13E.

Este inquérito foi conduzido no campo através do método de uma entrevista semi-estruturada de questões abertas para os agricultores e para a empresa gestora do regadio de Chókwè e teve como finalidade reunir informações básicas a respeito da pesquisa em causa, identificou se os possíveis problemas encarados pelos agricultores no local de produção e as estratégias aplicadas pela empresa gestora (HICEP) para responder as operações de manutenção das obras de condução de água para garantir a continuidade operacional do sistema e terminou com o estudo de viabilidade do projecto. O inquérito obedeceu a seguinte estrutura:

#### 1. Dados do agricultor:

- a) Género \_\_\_\_\_; Idade \_\_\_\_\_; Nacionalidade \_\_\_\_\_; Profissão \_\_\_\_\_; Habilitações literárias \_\_\_\_\_.
- b) Quanto tempo ocupou aquela área?
- c) Tamanho da área de cultivo?
- d) É proprietário da área?
- e) Faz parte da associação dos agricultores que operam aquele perímetro? Se sim ou não, porquê?

#### 2. Problemas enfrentados pelos agricultores nos campos de produção:

- a) Tem tido falta de água para irrigar os campos?
- b) Quais são as culturas produzidas nos campos?
- c) Qual é a finalidade da produção dos agricultores?
- d) Quais são as necessidades hídricas dos agricultores?
- e) A produção é feita em época? Se sim qual é?
- f) Qual é o tamanho da área por época?
- g) Qual é a época que tem mais défice de água e que cultura se produz por época?
- h) Tem valas de drenagem?
- i) Será que existem estruturas usadas para estimar os caudais de entrada nos canais? Se sim, que tipo de estruturas são usadas e como é feita?
- j) Quem decide sobre a operação e manutenção das infraestruturas?

- k) Acha que a limpeza dos canais é bem-feita? Se não, como acha que deveria ser feita para melhorar?
- l) Será que as fugas são verificadas com regularidade?
- m) O que é feito quando verifica-se erosão nas margens dos canais?
- n) As estratégias de operação e manutenção adotadas pela HICEP são boas?
- o) O que a HICEP deve melhorar na operação e manutenção das infraestruturas?
- p) Como é que acha que deveria ser feita a distribuição de água?
- q) O que deve se fazer para se melhorar o processo de distribuição de água?
- r) As operações de limpeza e desassoreamento são feitas com regularidade?
- s) O usuário que explora mais áreas de produção tem acesso a água?
- t) Será que rega toda a sua área?
- u) Qual é o intervalo de rega?
- v) Qual é o método de irrigação utilizada?
- w) Será que esse método garante uma boa gestão de água e das infraestruturas?
- x) Será que recebem água suficiente para irrigar os campos?
- y) Será que o transporte de água é eficiente?
- z) Tem rendimento aceitável com o fornecimento de água nos campos?
- aa) Se tivesse acesso a mais água poderia melhorar ou aumentar o seu rendimento?
- bb) Será que a água utilizada para regar os campos é aceitável na produção?
- cc) Será que os solos explorados têm um bom retorno económico aceitável na produção?

**Anexo 2** ↔ Inquérito para a empresa gestora do regadio de Chókwè (HICEP)

**Dados**

- a) Género\_\_\_\_\_; Idade\_\_\_\_\_; Nacionalidade\_\_\_\_\_;  
Formação\_\_\_\_\_; Cargo\_\_\_\_\_; Habilitações literárias\_\_\_\_\_; Quanto  
tempo trabalha na empresa\_\_\_\_\_; Departamento\_\_\_\_\_.

**3. Operação e manutenção das infraestruturas**

- a) Será que as fugas são verificadas com regularidade?
- b) O que é feito quando se verifica erosão nas banquetas do canal?
- c) A operação e manutenção das infraestruturas é suficiente para atender a demanda requerida?

- d) Será que existem estruturas usadas para estimar os caudais de entrada nos canais? Se sim, que tipo de estruturas são usadas e como é feita?
- e) Como é feito o fornecimento de água no tempo de estiagem?
- f) Quais são as estratégias de gestão de água adotadas no período de estiagem?
- g) Será que a distribuição de água favorece alguns agricultores?

**Anexo 3** ↔ Quadros de respostas do inquérito feito aos agricultores do D13E.

<b>Dados pessoais dos agricultores do D13E</b>						
Género	Masculino					7
	Feminino					2
	<b>Total</b>					9
Idade	20-30					3
	30-50					6
	<b>Total</b>					9
Naturalidade	Gaza					7
	Maputo					1
	Inhambane					1
Habilitações literárias	<b>Total</b>					9
	7a classe					2
	7a-10a classe					3
Profissão	10a-12a classe					4
	<b>Total</b>					9
	Agricultor					8
Quanto tempo ocupou aquela área	Professor					1
	<b>Total</b>					9
	<b>Total</b>				20 Anos	
Será que é proprietário da área					Sim	
	<b>Total</b>					9
Será que faz parte da associação dos agricultores	<b>Todos</b>					Sim
Tamanho da área própria de cultivo	Intervalo (ha)	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10
	<b>Total</b>	1	3	4	1	0

**Projecto de Um Canal de Rega, Não-revestido de Secção Trapezoidal na Localidade de Conhane no Distrito de Chókwe**

<b>Problemas enfrentados pelos agricultores nos campos de produção no (D13E)</b>		
<b>Questões</b>	<b>Respostas</b>	<b>Total</b>
Será que tem tido falta de água para irrigar os campos?	Sim	9
	Não	0
Quais são as necessidades hídricas dos agricultores?	Muita água na época quente para produção do arroz	9
Quais são as culturas produzidas nos campos?	Arroz Milho Feijão	Tomate
Qual é a finalidade da produção dos agricultores?	Consumo próprio	3
	Consumo Comercial	6
Será que a produção é feita em época? Se sim qual é?	Sim Quente e fresca	9
Qual é o tamanho da área por época?	Toda área (64ha)	9
Qual é a época que tem mais défice de água e que cultura se produz por época?	Época quente	Arroz
Será que tem valas de drenagem?	Sim	9
Quem decide sobre a operação e manutenção das infraestruturas?	HICEP	7
	WAMBAO	2
Será que a limpeza dos canais é bem-feita? Se caso não for, como deveria ser feita para melhorar?	Não Manutenção	9
Será que as fugas nos canais de rega são verificadas com regularidade?	Não	9
O que é feito quando se verifica erosão nas margens dos canais de rega?	Colocação de sacos de areia	4
	Nada	5
Será que as estratégias de operação e manutenção adotadas pela HICEP são boas?	Sim	1
	Não	8
O que a HICEP deve fazer para melhorar a operação e manutenção das infraestruturas?	Limpeza e Manutenção	9
	Nada	0
Como é feita a distribuição de água?	Em escala	2
	Sem escala	7
O que se deve fazer para melhorar o processo de distribuição de água?	Aplicar escala de rega	9
Será que as operações de limpeza e desassoreamento dos canais de rega são feitas com regularidade?	Sim	1
	Não	8
Será que o utente que explora mais áreas de produção tem acesso a água?	Sim	0
	Não	9
Será que consegue regar toda a sua área?	Sim	0
	Não	9

**Projecto de Um Canal de Rega, Não-revestido de Secção Trapezoidal na Localidade de Conhane no Distrito de Chókwè**

Qual é o intervalo de rega adotado por dia?	8 a 9 horas	9
Qual é o método de rega utilizado?	<b>Superfície:</b> Inundação e Sulco	9
Será que esse método garante uma boa gestão de água e das infraestruturas?	Sim	3
	Não	6
Será que recebem água suficiente para regar os campos?	Sim	2
	Não	7
Será que o transporte de água nos canais de rega é eficiente?	Sim	0
	Não	9
Será que tem rendimento aceitável com o fornecimento de água nos campos?	Sim	0
	Não	9
Se tivessem acesso a mais água, será que poderiam melhorar ou aumentar o rendimento?	Sim	9
	Não	0
Será que a água utilizada para regar os campos é aceitável na produção?	Sim	9
	Não	0
Será que os solos explorados têm um bom retorno económico aceitável na produção?	Sim	9
	Não	0

**Anexo 4** ↔ Quadros de respostas do inquérito feito na empresa gestora do regadio (HICEP).

<b>Dados pessoais da HICEP</b>		
Género	Masculino	7
	Feminino	0
Idade	20-30	3
	30-40	2
	40-50	2
Naturalidade	Gaza	4
	Inhambane	3
	7 <sup>a</sup> -10 <sup>a</sup> classe	2
Habilitações literárias	10 <sup>a</sup> -12 <sup>a</sup> classe	2
	Nível superior	3
	Cantoneiro	1
Cargo	Técnico	4
	Operador	1
	Engenheiro	1
Quanto tempo trabalha na empresa	DOP	(5 a 10) anos
	DMOH	(15 a 25) anos
Departamento	DOP	3
	DMOH	4

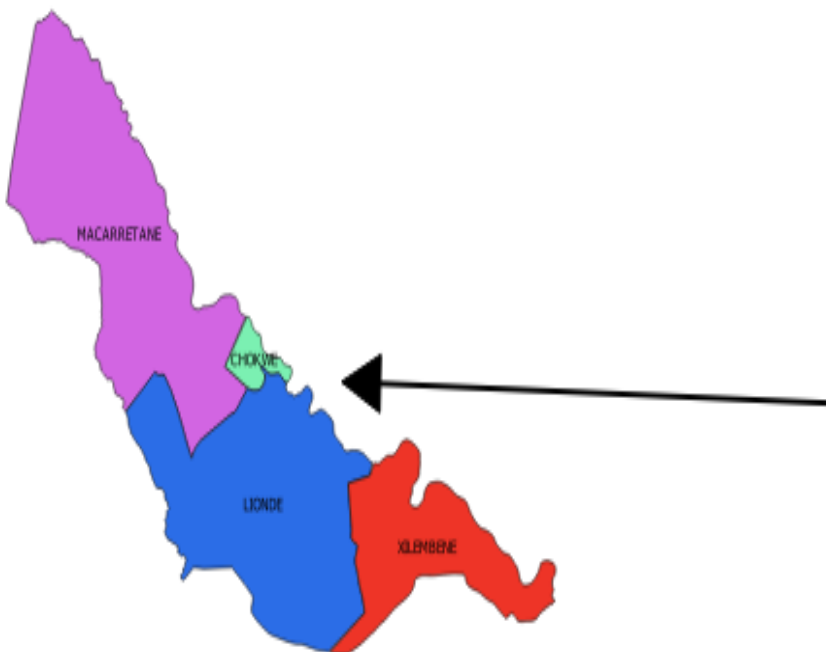


**Projecto de Um Canal de Rega, Não-revestido de Secção Trapezoidal na Localidade de Conhane no Distrito de Chókwè**

<b>Operação e manutenção das infraestruturas</b>		
<b>Questões</b>	<b>Respostas</b>	<b>Total</b>
Será que as fugas são verificadas com regularidade?	Sim	7
O que é feito quando se verifica erosão nas banquetas do canal?	Adiciona se camara de empréstimo	3
A operação e manutenção das infraestruturas é suficiente para atender a demanda requerida?	Sim	5
	Não	2
Será que existem estruturas usadas para estimar os caudais de entrada nos canais?	Sim	7
	Não	0
Como é feito o fornecimento de água no tempo de estiagem?	Agricultores perto da fonte são os primeiros a regar	7
Quais são as estratégias de gestão de água adotadas no período de estiagem?	Rega em escala	7
Será que a distribuição de água favorece alguns agricultores?	Sim	7

Anexo 5 e 6 ↔ Mapa do distrito de Chókwe e do perímetro irrigado de Chókwe.

### MAPA DO DISTRITO DE CHOKWE

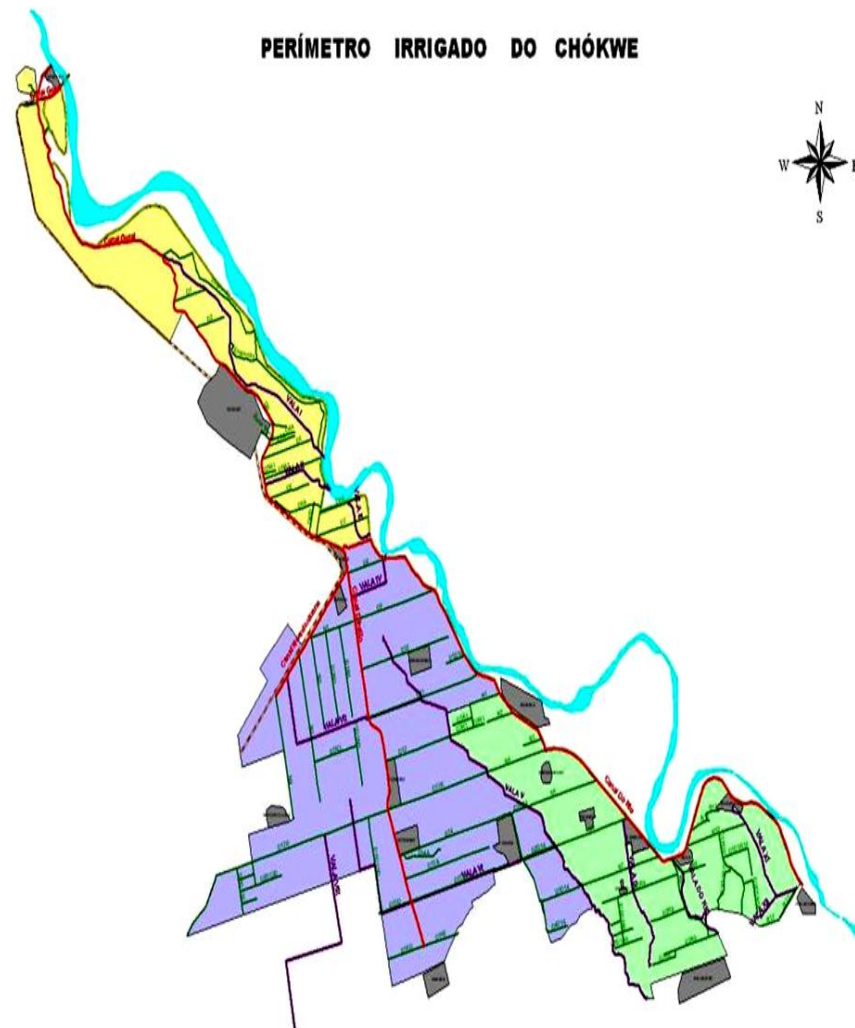


### LEGENDA

#### LOCALIDADES DO DISTRITO DE CHOKWE

- CHOKWE
- LIONDE - LOCAL DE ESTUDO
- MACARRETANE
- CHEMBENE

### PERÍMETRO IRRIGADO DO CHÓKWE

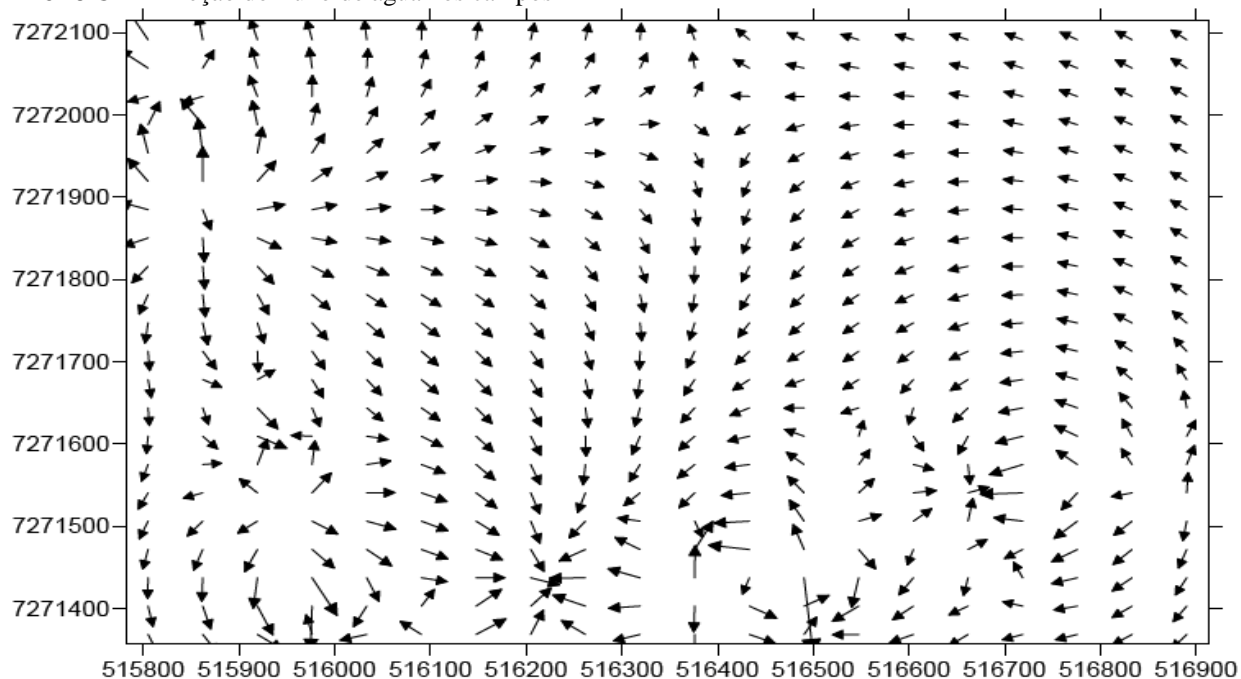


**Projecto de Um Canal de Rega, Não-revestido de Secção Trapezoidal na Localidade de Conhane no Distrito de Chókwe**

**Anexo 7** ↔ Dados do levantamento topográfico.

A			B			C		
X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
516913	7271587	20.62	516295	7271414	20.32	515914	7271653	20.6
516890	7271530	20.68	516228	7271430	20.12	515919	7271679	20.54
516796	7271540	20.63	516207	7271389	20.2	515900	7271688	20.56
516760	7271549	20.62	516127	7271416	20.3	515913	7271706	20.6
516760	7271549	20.35	516127	7271416	20.33	515899	7271704	20.56
516702	7271544	20.39	516116	7271357	20.43	515899	7271704	20.72
516681	7271534	20.4	516670	7271386	20.46	515865	7271823	20.73
516655	7271474	20.49	516028	7271361	20.31	515859	7271894	20.84
516623	7271519	20.43	516020	7271383	20.31	515859	7271894	20.61
516565	7271477	20.48	515972	7271394	20.22	515834	7271973	20.56
516497	7271423	20.23	515972	7271394	20.6	515839	7271996	20.45
516497	7271423	20.42	515963	7271442	20.54	515821	7272029	20.53
516492	7271454	20.61	515974	7271463	20.54	515819	7272061	20.53
516444	7271472	20.44	515949	7271481	20.58	515819	7272061	23.6
516402	7271475	20.28	515967	7271518	20.62	515819	7272061	20.48
516377	7271432	20.52	515935	7271552	20.59	515819	7272061	22.12
516734	7271457	20.46	515938	7271600	20.45	515782	7272098	20.33
516734	7271457	20.47	515938	7271600	20.55	515785	7272114	20.28

**Anexo 8** ↔ Direção do fluxo de água nos campos



**Anexo 9** ↔ Resumo dos materiais usados para realização de ensaio de compactação e de caracterização (granulometria, limite de liquidez e de plasticidade).

<b>Materiais</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
Pás	1	Instrumento utilizado para escavar o solo.
Enxada	1	Instrumento utilizado para escavar o solo.
Espátula	2	Utilizadas para misturar o solo.
Balança eletrónica	1	Utilizado para pesar massas de solo.
Jogo de peneiras	1	Utilizado para separar partículas de solo.
Estufa eléctrica	1	Utilizado para secagem das amostras do solo.
Martelo de borracha	1	Utilizado para desfazer torrões de solo.
Almofariz	1	Material usado para destorroar o solo.
Jogo de cápsulas metálica	1	Utilizado para reter e secar amostras de solo.
Colher metálica	1	Utilizada para medir o solo para pesagem.
Soquete cilíndrico	1	Material utilizado para compactar solos.
Molde cilíndrico	1	Utilizado para moldar o solo.
Escarificador	1	Utilizado para escarificar as amostras.
Bandejas metálicas	3	Utilizadas para colher amostras do solo.
Destilador	1	Utilizado para destilar a água
Extrator de amostra	1	Utilizado para sacar amostras de solo.
Concha de Casagrande	1	Utilizado no ensaio de limite de liquidez.
Placa de vidro	1	Utilizado no ensaio de limite de plasticidade.
Cinzel	1	Utilizado para abertura de ranhura no solo.

**Projecto de Um Canal de Rega, Não-revestido de Secção Trapezoidal na Localidade de Conhane no Distrito de Chókwè**

**Anexo 10** ↔ : Determinação do teor de humidade de solo

<b>Cálculo do teor de humidade do solo</b>				
	<b>Número da cápsula</b>	<b>P1A (g)</b>	<b>P2B</b>	<b>P3 (g)</b>
	Peso bruto húmido	134.5	134.2	133.4
	Peso bruto seco	126.29	125.06	120.7
	Peso da cápsula	34.5	34.2	33.4
	Peso da água	8.21	9.14	12.7
	Peso do solo seco	91.79	90.86	87.3
	% do teor de humidade	8.94	10.06	14.55
	% Media do teor de humidade		11.18	

**Anexo 11** ↔ Traçado da curva de distribuição granulométrica da amostra (P1A).

Peneiras	$\phi$ da peneira (mm)	Massa retida (g)	(%) Retida	(%) Acumulada	(%) Passante
#4	4.8	0	0	0	100
#8	2.4	0	0	0	100
#10	2	15.36	1.54	1.54	98.46
#16	1.2	42.3	4.23	5.77	94.23
#30	0.6	112.83	11.28	17.05	82.95
#40	0.42	65.03	6.5	23.56	76.44
#65	0.21	65.66	6.57	30.12	69.88
#100	0.15	14.82	1.48	31.6	68.4
#200	0.075	38.14	3.81	35.42	64.58
Sobra	< 0.075	645.86	64.59	100	0
Total		1000	100		

**Anexo 12** ↔ Traçado da curva de distribuição granulométrica da amostra (P2B).

Peneiras	$\phi$ da peneira (mm)	Massa retida (g)	(%) Retida	(%) Acumulada	(%) Passante
#4	4.8	0	0	0	100
#8	2.4	0	0	0	100
#10	2	33.4	3.34	3.34	96.66
#16	1.2	77.47	7.75	11.09	88.91
#30	0.6	143.76	14.38	25.46	74.54
#40	0.42	72.66	7.27	32.73	67.27
#65	0.21	64.37	6.44	39.17	60.83
#100	0.15	14.37	1.44	40.6	59.4
#200	0.075	42.19	4.22	44.82	55.18
Sobra	< 0.075	551.78	55.18	100	0
Total		1000	100		

**Projecto de Um Canal de Rega, Não-revestido de Secção Trapezoidal na Localidade de Conhane no Distrito de Chókwè**

**Anexo 13** ↔ Traçado da curva de distribuição granulométrica da amostra (P3).

Peneiras	$\phi$ da peneira (mm)	Massa retida (g)	(%) Retida	(%) Acumulada	(%) Passante
#4	4.8	0	0	0	100
#8	2.4	0	0	0	100
#10	2	12.05	1.21	1.21	98.79
#16	1.2	23.34	2.33	3.54	96.46
#30	0.6	77.91	7.79	11.33	88.67
#40	0.42	57.21	5.72	17.06	82.94
#65	0.21	76.16	7.62	24.67	75.33
#100	0.15	21.72	2.17	26.84	73.16
#200	0.075	49.9	4.99	31.83	68.17
Sobra	< 0.075	681.71	68.17	100	0
Total		1000	100		

**Anexo 14** ↔ Cálculo dos limites de liquidez (Amostra P1A).

<b>Limite de Liquidez</b>									
<b>P1A</b>									
Número da Cápsula	P1A-1	P1A-2	P1A-3	P1A-4	P1A-5	P1A-6	P1A-7	P1A-8	P1A-9
Peso da Tara	6.23	6.31	6.28	6.35	6.33	6.16	6.6	6.43	6.2
Intervalos de golpes	(25-35)	(25-35)	(25-35)	(20-30)	(20-30)	(20-30)	(15-25)	(15-25)	(15-25)
Amostra húmida + Tara	8.79	9.71	10.38	10.67	10.66	10.4	9.84	9.89	9.81
Número de golpes	35	32	26	22	30	29	23	19	18
Amostra seca + Tara	7.86	8.4	8.74	8.96	8.94	8.71	8.37	8.51	8.33
Peso da água	0.93	1.31	1.64	1.71	1.72	1.69	1.46	1.38	1.48
Peso do solo seco	1.63	2.08	2.47	2.61	2.61	2.55	1.77	2.08	2.13
% do Teor de humidade	57.54	63.09	66.3	65.72	65.75	66.33	82.62	66.09	69.54
% do Teor de humidade medio		62.31			65.93			72.75	

**Anexo 15** ↔ Cálculo dos limites de liquidez (Amostra P2B).

<b>Limite de Liquidez</b>									
<b>P2B</b>									
Número da Cápsula	P2B-1	P2B-2	P2B-3	P2B-4	P2B-5	P2B-6	P2B-7	P2B-8	P2B-9
Peso da Tara	6.21	6.2	6.2	6.28	6.19	6.13	6.25	6.24	6.33
Intervalos de golpes	(25-35)	(25-35)	(25-35)	(20-30)	(20-30)	(20-30)	(15-25)	(15-25)	(15-25)
Amostra húmida + Tara	9.05	9.64	9.46	9.25	11.09	9.95	11.46	10.76	10.87
Número de golpes	33	35	34	20	22	30	17	24	22
Amostra seca + Tara	7.92	8.24	8.13	7.97	8.5	7.94	9.06	8.72	8.72
Peso da Água	1.13	1.4	1.32	1.28	2.59	2.01	2.4	2.04	2.15
Peso do solo seco	6.21	6.2	6.2	6.28	6.19	6.13	6.25	6.24	6.33

**Projecto de Um Canal de Rega, Não-revestido de Secção Trapezoidal na Localidade de Conhane no Distrito de Chókwè**

Teor de humidade em %	18.24	22.62	21.35	20.35	41.91	32.77	38.48	32.67	33.92
Teor de humidade medio em %		20.74			31.67			35.03	

**Anexo 16** ↔ Cálculo dos limites de liquidez (Amostra P3).

<b>Limite de Liquidez</b>									
<b>P3</b>									
	<b>P3-1</b>	<b>P3-2</b>	<b>P3-3</b>	<b>P3-4</b>	<b>P3-5</b>	<b>P3-6</b>	<b>P3-7</b>	<b>P3-8</b>	<b>P3-9</b>
Número da Cápsula									
Peso da Tara	9.24	9.22	9.38	9.34	9.42	9.18	9.57	9.19	9.24
Intervalos de golpes	(25-35)	(25-35)	(25-35)	(20-30)	(20-30)	(20-30)	(15-25)	(15-25)	(15-25)
Amostra húmida + Tara	13.95	13.3	13.05	12.57	13.7	12.83	14.75	12.29	13.75
Número de golpes	30	32	34	29	24	28	23	25	24
Amostra seca + Tara	12.02	11.6	11.55	11.15	11.91	11.4	12.53	11.01	11.84
Peso da Agua	1.94	1.7	1.5	1.43	1.8	1.43	2.22	1.28	1.92
Peso do solo seco	2.78	2.37	2.17	1.8	2.49	2.22	2.96	1.82	2.59
Teor de humidade em %	69.73	71.74	69.17	79.03	72.15	64.64	75.03	70.34	73.93
Teor de humidade medio em %		70.21			71.94			73.1	

**Anexo 17** ↔ Cálculo dos limites de plasticidade (Amostra P1A).

<b>Limite de Plasticidade</b>				
<b>P1A</b>				
	<b>P1A-1</b>	<b>P1A-2</b>	<b>P1A-3</b>	<b>P1A-4</b>
Número da Cápsula				
Peso da Tara	9.18	9.34	9.35	9.37
Amostra húmida + Tara	12.02	11.78	11.88	12.29
Amostra seca + Tara	11.45	11.27	11.4	11.7
Peso da água	0.57	0.5	0.48	0.59
Peso do solo seco	2.28	1.93	2.05	2.34
% de Teor de humidade	25.03	25.97	23.34	25.29
Resultado			24.91	

**Anexo 18** ↔ Cálculo dos limites de plasticidade (Amostra P2B).

<b>Limite de Plasticidade</b>				
<b>P2B</b>				
Número da Cápsula	<b>P2B-1</b>	<b>P2B-2</b>	<b>P2B-3</b>	<b>P2B-4</b>
Peso da Tara	4.37	4.38	4.36	4.42
Amostra húmida + Tara	6.41	7.21	7.35	8.42
Amostra seca + Tara	6.01	6.66	6.46	7.6
Peso da Agua	0.4	0.55	0.89	0.82
Peso do solo seco	1.64	2.28	2.1	3.18
Teor de humidade em %	24.33	24.35	42.42	25.86
Resultado	29.24			

**Anexo 19** ↔ Cálculo dos limites de plasticidade (Amostra P3).

<b>Limite de Plasticidade</b>				
<b>P3</b>				
Número da Cápsula	<b>P3-1</b>	<b>P3-2</b>	<b>P3-3</b>	<b>P3-4</b>
Peso da Tara	9.21	9.2	9.34	9.33
Amostra húmida + Tara	13.68	14.12	13.97	13.38
Amostra seca + Tara	12.88	13.18	13.06	12.59
Peso da Agua	0.8	0.95	0.9	0.78
Peso do solo seco	3.67	3.97	3.72	3.26
Teor de humidade em %	21.92	23.88	24.22	24
Resultado	23.5			

**Anexo 20** ↔ Determinação do teor de humidade Higroscópica de solo para o ensaio de compactação.

<b>Teor de Humidade Higroscópica</b>			
Número da Cápsula	<b>P1A (g)</b>	<b>P2B</b>	<b>P3 (g)</b>
Peso Bruto Húmido	131.6	131.32	131.44
Peso Bruto Seco	128.82	129.13	128.92
Peso da Cápsula	31.6	31.32	31.44
Peso da Água	2.78	2.19	2.51
Peso do Solo Seco	97.22	97.81	97.49
% do Teor de Humidade	2.86	2.24	2.58
% Media do Teor de Humidade	2.56		



**Projecto de Um Canal de Rega, Não-revestido de Secção Trapezoidal na Localidade de Conhane no Distrito de Chókwè**

**Anexo 21** ↔ Ensaio de compactação no laboratório (Amostra P1A).

<b>P1A</b>					
<b>Determinações</b>	<b>Número de vezes de corpos de prova</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Peso do Molde + Solo Húmido (g) P1	2325	2370	2415	2400	2380
Peso do Solo Húmido (g) Ph	1000	1045	1090	1075	1055
Massa Específica Natural (g/cm <sup>3</sup> ) $\gamma = Ph/V$	1.65	1.72	1.8	1.77	1.74
Quantidade de Água Adicionada (%) ml	5.00%	7%	9.00%	14%	16%
Massa Específica Seca (g/cm <sup>3</sup> ) $\gamma_d = \gamma * 100/w + 100$	1.47	1.51	1.54	1.5	1.45
Peso da Cápsula + Solo Húmido (g)	133.42	133.05	136.11	131	136.4
Peso da Cápsula + Solo Seco (g)	122.66	120.65	121.79	115.42	119.57
Peso da Cápsula (g)	33.42	33.05	36.11	31	36.4
Peso da Água (g)	10.76	12.4	14.32	15.58	16.83
Peso do Solo Seco (g)	89.24	87.6	85.68	84.42	83.17
Teor de Humidade (%)	12.06	14.16	16.71	18.46	20.24
Peso do molde cilíndrico (g)	1325	1325	1325	1325	1325
Diâmetro do molde cilíndrico	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5
Altura do molde cilíndrico	7	7	7	7	7
Volume do molde cilíndrico $V = (\pi * d^2 * h) / 4$	605.82	605.82	605.82	605.82	605.82
Peso do soquete	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Altura de queda	77.5	77.5	77.5	77.5	77.5

**Anexo 22** ↔ Ensaio de compactação no laboratório (Amostra P2B).

<b>P2B</b>					
<b>Determinações</b>	<b>Número de vezes de corpos de prova</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Peso do Molde + Solo Húmido (g) P1	2255	2375	2410	2405	2400
Peso do Solo Húmido (g) Ph	930	1050	1085	1080	1075
Massa Específica Natural (g/cm <sup>3</sup> ) $\gamma = Ph/V$	1.54	1.73	1.79	1.78	1.77
Quantidade de Água Adicionada (%) ml	5%	8%	10%	13%	15%
Massa Específica Seca (g/cm <sup>3</sup> ) $\gamma_d = \gamma * 100/w + 100$	1.42	1.55	1.58	1.55	1.48
Peso da Cápsula + Solo Húmido (g)	52.34	52.26	52.37	52.39	52.24
Peso da Cápsula + Solo Seco (g)	50.1	49.12	48.84	48.4	47.3
Peso da Cápsula (g)	22.34	22.26	22.37	22.39	22.24
Peso da Água (g)	2.24	3.14	3.53	3.99	4.94
Peso do Solo Seco (g)	27.76	26.86	26.47	26.01	25.06
Teor de Humidade (%)	8.07	11.69	13.34	15.34	19.71
Peso do molde cilíndrico (g)	1325	1325	1325	1325	1325
Diâmetro do molde cilíndrico	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5

**Projecto de Um Canal de Rega, Não-revestido de Secção Trapezoidal na Localidade de Conhane no Distrito de Chókwè**

Altura do molde cilíndrico	7	7	7	7	7
Volume do molde cilíndrico $V=(\pi*d^2*h)/4$	605.82	605.82	605.82	605.82	605.82
Peso do soquete	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Altura de queda	77.5	77.5	77.5	77.5	77.5

**Anexo 23** ↔ Ensaio de compactação no laboratório (Amostra P3).

Determinações	P3					
	Número de vezes de corpos de prova					
	1	2	3	4	5	6
Peso do Molde + Solo Húmido (g) P1	2255	2290	2355	2360	2350	2340
Peso do Solo Húmido (g) Ph	930	965	1030	1035	1025	1015
Massa Específica Natural (g/cm <sup>3</sup> ) $\gamma=Ph/V$	1.54	1.59	1.7	1.71	1.69	1.68
Quantidade de Água Adicionada (%) ml	5%	7%	9%	11%	14%	18%
Massa Específica Seca (g/cm <sup>3</sup> ) $\gamma_d=\gamma*100/w +100$	1.43	1.46	1.51	1.48	1.45	1.42
Peso da Cápsula + Solo Húmido (g)	84.66	85.08	82.84	86.4	81.88	84.55
Peso da Cápsula + Solo Seco (g)	81.26	80.99	77.18	79.71	74.68	76.9
Peso da Cápsula (g)	34.66	35.08	32.84	36.4	31.88	34.55
Peso da Água (g)	3.4	4.09	5.66	6.69	7.2	7.65
Peso do Solo Seco (g)	46.6	45.91	44.34	43.31	42.8	42.35
Teor de Humidade (%)	7.3	8.91	12.76	15.45	16.82	18.06
Peso do molde cilíndrico (g)	1325	1325	1325	1325	1325	1325
Diâmetro do molde cilíndrico	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5
Altura do molde cilíndrico	7	7	7	7	7	7
Volume do molde cilíndrico $V=(\pi*d^2*h)/4$	605.82	605.82	605.82	605.82	605.82	605.82
Peso do soquete	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Altura de queda	77.5	77.5	77.5	77.5	77.5	77.5

**Projecto de Um Canal de Rega, Não-revestido de Secção Trapezoidal na Localidade de Conhane no Distrito de Chókwè**

**Tabelas de dados climáticos.**

**Anexo 24** ↔ Elemento: Precipitação total mensal (das 9 as 9 horas em mm).

<b>Ano</b>	<b>Jan.</b>	<b>Fev.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>Mai.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Set.</b>	<b>Out.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dez.</b>
2003	7.1	70.2	19.2	6	11.6	134.6	39.2	0	33.6	116.9	27.5	68.2
2004	147	73	281.5	61.8	3.4	203.5	69.8	4.5	12.2	51.9	0	0
2005	77.2	41.5	44.5	28.1	5.6	0	0	0	16.6	4.2	83.4	91.1
2006	134.6	13.6	281.6	18	44	33.2	8	4.2	25.2	0	123.2	0
2007	53.4	56.9	25.9	87.7	0	14.3	15.2	7.8	2	40.7	76.4	151.8
2008	88.2	2.6	21.8	9.5	6.4	27.2	5	3	1.9	10.7	57.5	65.4
2009	134.4	91.1	62.7	16.8	30.8	17.2	0.1	6.2	7.7	7	99.8	12.2
2010	77.8	68.4	59.1	193.4	64.9	8.9	24.3	11.3	4	10.5	291.3	216.1
2011	264.8	16.6	17	0.6	0	0	0	23.9	0.1	18.4	77.5	59.2
2012	247.7	48	112.9	14.1	2.6	0	0	0	59.3	0	0	0
<b>Media</b>	<b>123.2</b>	<b>48.2</b>	<b>92.6</b>	<b>43.6</b>	<b>21.2</b>	<b>62.7</b>	<b>23.1</b>	<b>8.7</b>	<b>16.3</b>	<b>32.5</b>	<b>104.6</b>	<b>94.9</b>

Fonte: INAM

**Anexo 25** ↔ Elemento: Velocidade do vento mensal (em km/h).

<b>ANO</b>	<b>Jan.</b>	<b>Fev.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>Mai.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Set.</b>	<b>Out.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dez.</b>
1990	2	5	1	8	1	7	1	8	3	1	3	2
1991	3	4	3	2	7	2	1	2	1	2	2	2
1992	4	2	8	4	3	1	3	1	3	4	3	6
1993	3	8	4	2	3	3	9	2	6	3	5	2
1994	4	3	4	5	3	3	3	4	2	5	3	5
1995	6	4	9	5	6	6	8	3	4	4	4	2
1996	4	8	4	7	5	6	4	6	3	9	3	6
1997	7	4	4	6	4	6	4	3	5	4	4	5
1998	0	0	5	1	4	6	3	8	3	1	4	2
1999	5	9	5	8	5	5	5	4	4	6	5	1
<b>Media</b>	<b>4.2</b>	<b>5.2</b>	<b>4.2</b>	<b>4.7</b>	<b>3.7</b>	<b>3.9</b>	<b>3.8</b>	<b>3.3</b>	<b>3.1</b>	<b>3.8</b>	<b>3.2</b>	<b>3.1</b>
<b>Km/dia</b>	<b>101</b>	<b>125</b>	<b>112.8</b>	<b>115</b>	<b>98.4</b>	<b>108</b>	<b>98</b>	<b>98.4</b>	<b>82</b>	<b>93.6</b>	<b>86.4</b>	<b>79.2</b>

Fonte: INAM

**Anexo 26** ↔ Elemento: Insolação total mensal (em horas).

<b>ANO</b>	<b>Jan.</b>	<b>Fev.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>Mai.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Set.</b>	<b>Out.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dez.</b>
2000	201.5	0	0	0	231	202	232.2	0	184.2	188.5	194.8	277.6
2001	0	145.1	188.4	0	252.8	243.1	0	0	0	0	0	0
2002	294.7	0	271.3	263	0	0	219.3	230	227.7	0	215.7	246.7
2003	278.2	237.1	251	251	215.1	143.3	239	257.1	0	203.5	214.7	232.6
2004	235	203.9	186.2	204.8	233.7	0	190.9	217.2	225.9	202	259.3	257.8
2005	229	241.3	217.9	213.5	0	0	0	0	259.6	203.7	173.7	0

**Projecto de Um Canal de Rega, Não-revestido de Secção Trapezoidal na Localidade de Conhane no Distrito de Chókwe**

2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	248.1	0	266.5
2007	284.4	0	227.9	221.9	273.4	240.7	0	0	256	189.5	168.1	0
2008	0	0	230.1	254	241.3	215.4	226.3	0	0	201.8	190.6	206.6
2009	214.3	239.5	240.7	250.2	247.5	0	0	244.8	192.4	203.7	210.3	240.3
Media	248	213	226.7	236.9	242.1	209	222	237.3	224	205.1	203.4	247
Mensal	8.27	7.11	7.556	7.897	8.07	6.96	7.38	7.909	7.48	6.837	6.78	8.23

Fonte: INAM

Anexo 27 ↔ Elemento: Humidade relativa média mensal (em %).

ANO	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1997	77	78	75	70	73	70	0	0	0	66	0	0
1998	0	0	67	68	67	67	73	71	64	66	69	76
1999	76	89	76	80	74	72	0	70	65	62	70	66
2000	80	82	0	82	80	84	76	76	77	74	86	69
2001	73	81	85	78	75	74	73	0	71	67	77	78
2002	0	68	80	69	73	75	72	72	74	70	72	70
2003	66	68	0	73	72	82	77	66	68	62	70	66
2004	75	77	84	84	84	77	87	78	69	71	0	0
2005	66	70	73	73	74	51	0	75	69	65	0	77
2006	80	69	28	83	76	0	0	71	71	66	79	0
Media	74.1	68.2	52.63	62.3	60.8	56.7	52.2	54.5	54.4	66.63	54.57	50.9

Fonte: INAM

Anexo 28 ↔ Elemento: Temperatura máxima média mensal ( em °C).

ANO	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
2003	34.7	34.3	32.9	31.3	28.6	24.9	24.9	27.2	29.3	30.1	31.6	33.5
2004	33.4	32	30.2	29.4	26.9	25.1	23.9	27.4	28.5	30.7	0	0
2005	35.3	34.2	32.3	30.7	29.4	27.7	0	29.2	31.6	33	32.9	31
2006	31.4	34.3	29.4	29.8	27.1	24.7	26.8	27.2	29	0	31.5	0
2007	33.2	34.3	33.2	29.8	29	26.7	25.4	27.8	0	0	0	0
2008	31.7	33.9	31.8	30.2	29.3	27	26.9	29.2	30.5	31.9	32.7	32.8
2009	32.4	33.3	31.7	29.6	28.7	27.6	25.9	27.4	30.8	31.9	31.6	35.2
2010	34.1	34.4	33	30.1	29.6	26.6	25.4	27	30.8	33.2	31.7	32.3
2011	31.4	32	34.8	0	29.2	0	0	26.4	31.5	31.4	32.6	33.8
2012	33	33.5	32.6	29.3	29.4	0	0	29.7	29	31.5	32.7	0
Media	33.1	33.6	32.19	30.02	28.72	26.3	25.6	27.85	30.1	31.71	32.16	33.1

Fonte: INAM

**Projecto de Um Canal de Rega, Não-revestido de Secção Trapezoidal na Localidade de Conhane no Distrito de Chókwè**

**Anexo 29** ↔ Elemento: Temperatura mínima média mensal (em °C).

<b>ANO</b>	<b>Jan.</b>	<b>Fev.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>Mai.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Set.</b>	<b>Out.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dez.</b>
2003	21.4	22.4	21.4	18.5	15.4	13.7	11.8	12	15.6	17.2	19.3	20.5
2004	21	21	21.2	19.2	14.5	11.6	11	13.3	13.4	16.1	0	0
2005	21.1	20.4	18.9	17.3	14.1	13.1	0	13	16.1	16.8	19.3	19.1
2006	21	21.1	18.7	16	12.2	11.4	10.4	11	12.6	0	17.3	0
2007	18.6	20.4	19.3	16.1	13	11.9	10.6	11.7	13.4	14.5	17.7	19
2008	20.3	20.6	19	16.5	14.9	11.3	11.7	13.7	15.3	18.2	20.7	23
2009	23.9	22.7	20.1	17.7	16	13.7	11.3	12.6	17.8	19.5	20.6	23.3
2010	22.1	22	22.4	20.4	17.8	12.6	12.5	12.2	15.2	20	21.1	22.6
2011	23	20.8	22.6	0	16.7	0	0	12.2	15.9	18.4	20.1	21.3
2012	21.9	22.3	21	16.8	16.3	0	0	13.9	17.2	19	19.6	0
<b>Media</b>	<b>21.4</b>	<b>21.4</b>	<b>20.46</b>	<b>17.61</b>	<b>15.09</b>	<b>12.4</b>	<b>9.91</b>	<b>12.56</b>	<b>15.3</b>	<b>17.74</b>	<b>19.52</b>	<b>21.3</b>

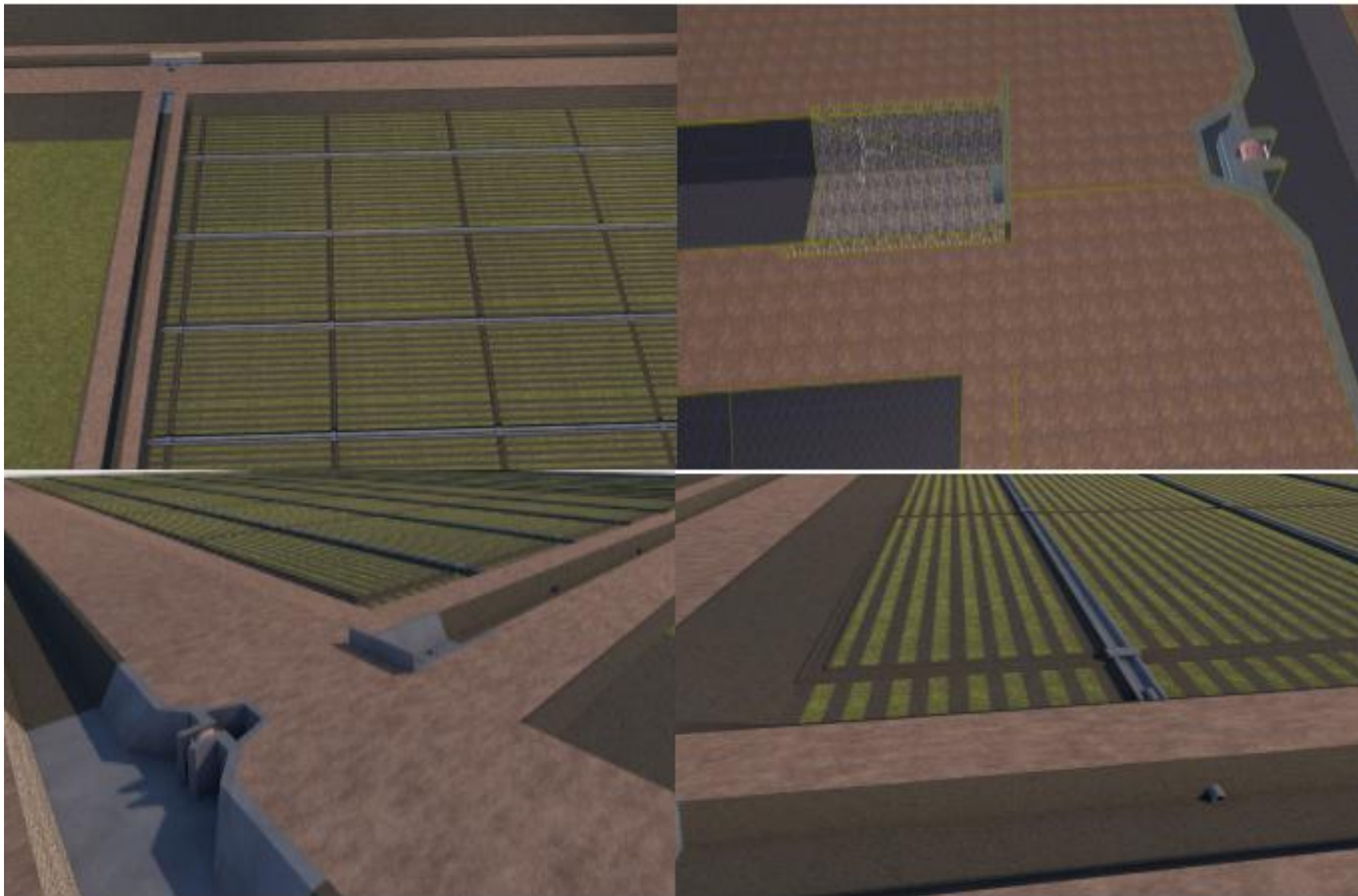
Fonte: INAM

**Anexo 30** ↔ Percentagem de empolamento de alguns tipos de terrenos.

<b>Tipo de terreno</b>	<b>Massa em (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>Empolamento (%)</b>
	<b>in situ</b>	<b>Solto</b>	
Argila seca	1600	1185	35
Argila húmida	1780	1305	35
Areia seca	1540	1340	15
Areia húmida	1600	1400	15
Argila xistosa	2075	1470	40
Terra seca	1660	1325	25
Terra húmida	1900	1530	25
Terra e cascalho	1900	1580	20
Cascalho seco	1660	1475	12
Cascalho húmido	2020	1765	14
Rocha desagregada	2490	1565	60

Fonte: Bizhub (2009).

Anexo 31 ↔ Croqui do projecto.



**Projecto de Um Canal de Rega, Não-revestido de Secção Trapezoidal na Localidade de Conhane no Distrito de Chókwe**

**Anexo 32** ↔ Orçamento dos custos envolvidos na construção do canal de rega no D13E.

<b>Custos fixos</b>				
<b>Item</b>	<b>Designação do material</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço Unitário (Mt)</b>	<b>Preço Total (Mt)</b>
1	Manilhas de concreto de 2.5 m de comprimento.	8	5000	40000
2	Comporta plana	1	18441	18441
3	Betão (m <sup>3</sup> )	12	5651.8	67821.6
4	Ferro 10 mm (kg)	15	450	6750
5	Gabiões (m <sup>3</sup> )	1	5796.8	5796.8
6	<b>Preço total fixo</b>		-	<b>138809.4</b>

<b>Custos variáveis</b>						
<b>Item</b>	<b>Custo de Aluguer do Equipamento</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço unitário (Mt/8hrs)</b>	<b>Preço Total (Mt)</b>	<b>OBS</b>	<b>Consumo Médio diário de gasóleo (L)</b>
1	Buldózer	1	25000	25000	Sem combustível	150.00
2	Pá carregadora	1	15000	15000	Sem combustível	80.00
3	Motoniveladora	1	25000	25000	Sem combustível	100.00
4	Escavadora	1	25000.00	25000	Sem combustível	150.00
5	Cilindro	1	12000	12000	Sem combustível	50.00
6	Cisterna de água com o respectivo tractor	1	10000	10000	Sem combustível	60.00
7	Camião Basculante	4	15000	60000	Sem combustível	80.00
8	TLB	1	15000	15000	Sem combustível	80.00
9	Mobilização e desmobilização de equipamento por km	1	600.00	600.00	Com combustível	180
10	<b>Preço total variável</b>	-	-	<b>187600</b>	-	-
11	<b>Preço geral</b>	-	-	<b>326409.40</b>	-	-