



# UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE



FACULDADE DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

## ESTÁGIO LABORAL



**Estudo da qualidade de água dos poços e furos para fins domésticos no distrito de Chigubo, província de Gaza**

**AUTOR:** Avelino Júlio Uamusse

Maputo, Dezembro de 2015



**UNIVERSIDADE  
EDUARDO MONDLANE**



**FACULDADE DE CIÊNCIAS**

**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

**ESTÁGIO LABORAL**



**Estudo da qualidade de água dos poços e furos para fins domésticos no distrito de Chigubo, província de Gaza**

**AUTOR:** Avelino Júlio Uamusse

**SUPERVISORA:** Prof.<sup>a</sup> Doutora Tatiana Kuleshova

**CO-SUPERVISOR:** Engenheiro Silvestre Nhachengo

Maputo, Dezembro de 2015

## DEDICATÓRIA

Ao soberano Deus

Pelo dom da vida, saúde e força

### **Aos meus pais**

*Virgílio Bento Maúngue e Florinda Lucas da Silva*

Pela educação minuciosa, cautelosa, paciente, sábia e encorajamento nos primeiros anos de escolaridade e durante todo o meu percurso estudantil.

### **Aos meus irmãos**

Virgílio Nairo Bento Maungue

Pamela pureza Bento Maungue

Yona Florinda Bento Maungue

Pela atenção e encorajamento por eles proporcionado

A todos os parentes e amigos que directa ou indirectamente, apoiaram para a materialização deste sonho.

## AGRADECIMENTOS

### *Agradecimento especial:*

**A Deus, pela sua infinita bondade de mais uma conquista na vida, dando-me forças e esperança nos momentos mais difíceis da caminhada.**

Sempre faltarão palavras ou mesmo actos para expressar a minha inteira gratidão à minha supervisora Prof.<sup>a</sup> Doutora Tatiana Kuleshova e co-supervisor Eng.<sup>o</sup> Silvestre Nhachengo por sua especial atenção e contribuições científicas e técnicas desde a formulação do tema e durante a realização deste trabalho.

Às pessoas que, mesmo não sendo meus supervisores, prestarão seu apoio e atenção para a realização deste trabalho, muito obrigado, que Deus vos abençoe!

A todos os docentes, em particular aos do ramo de Química Pura, pelos conhecimentos transmitidos na minha área de formação.

Ao pessoal do LNHA, nomeadamente, Sr.<sup>a</sup> Melina, Sr.<sup>a</sup> Rosa, dr. Adelino, dr.<sup>a</sup> Isabel, dr.<sup>a</sup> Teresa, Dona Anabela.

Às pessoas de Instituto de Investigação em Águas (IIA) do MCTESTP, em particular a Directora Dr.<sup>a</sup> Roda Nuvunga Luis e Dr. Sérgio Machava pela possibilidade de deslocação para o local do estudo e recolha das amostras da água no distrito de Chigubo.

Aos colegas, dr. Alberto Nhatave, Sérgio Chilengue, dr. Agnaldo Luis, dr. Isménio Nhaca, dr. Erasmo Domingos, António Elija, Onísia Felizarda, Nelma Catarina, João Sambo, Gerço Djesse, vai o meu muito obrigado pela amizade proporcionada e pela partilha de conhecimentos durante o período de formação.

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Avelino Júlio Uamusse, declaro por minha honra que o presente trabalho foi da minha autoria, e que para a sua realização, servi-me dos conhecimentos adquiridos ao longo dos anos de formação e das consultas bibliográficas sobre águas subterrâneas.

O autor

---

(Avelino Júlio Uamusse)

## RESUMO

O distrito de Chigubo situa-se a Norte da província de Gaza, a maior parte da população atravessa um momento muito crítico de escassez de água para o consumo, devido á seca prolongada que vem assolando naquela região. Na sequência da grave crise de água que se faz sentir a população recorre a fontes subterrâneas (poços e furos) que, por sua vez, não está submetida a nenhuma análises de qualidade, colocando em risco a saúde das comunidades e segurança alimentar.

O objectivo desta investigação foi avaliar a qualidade da água dos poços e furos para fins domésticos no distrito de Chigubo. A metodologia consistiu numa revisão bibliográfica, trabalho de campo e laboratorial, tratamento dos resultados e por fim elaboração do relatório final.

Os parâmetros físico-químicos monitorados foram comparados com as normas de qualidade de água para fins de consumo do instituto de normalização e qualidade (INOQ), como pH, CE, turvação, dureza total,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{Na}^+$ . Os resultados dos parâmetros estudados como CE,  $\text{Cl}^-$ , dureza total,  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{Na}^+$  estão acima dos limites recomendados pelas normas INOQ o que não confere a boa qualidade da água para fins domésticos com excepção dos parâmetros pH,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  que estavam dentro dos limites aceitáveis pelas normas.

Os cálculos estatísticos demonstrarão que a precisão dos resultados dos parâmetros pH,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  e  $\text{Na}^+$  nas amostras variou de muito boa a boa, com valores de %RSD entre 0.00 e 4.7%, e para os parâmetros de CE,  $\text{Cl}^-$ , dureza total e  $\text{NH}_4^+$  a precisão foi menos boa.

Conclui-se que água de furos e poços em estudo não é recomendada para fins domésticos, devido os níveis elevados de salinidade.

Recomenda-se fazer estudo para avaliação da possibilidade de implementação de sistemas de dessalinização da água, assim como fazer os mesmos estudos em outras regiões com carência de água potável.

## Índice

CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Objectivos.....	3
1.1.1 Geral .....	3
1.1.2 Específicos .....	3
1.3. Problema .....	4
1.4. Pergunta de pesquisa.....	4
CAPÍTULO II. DESCRIÇÃO DO LOCAL DE AMOSTRAGEM.....	5
2.1. Localização, superfície e população do distrito de Chigubo.....	5
2.2. Clima e Hidrografia .....	6
2.3. Relevo e solos.....	6
2.4. Laboratório Nacional de Higiene de Águas e Alimentos .....	6
2.5. Trabalho de campo.....	8
2.5.1. Localidade de Nglopfu .....	9
2.5.2. Impacto do gado na qualidade da água para consumo humano .....	10
2.5.3. Localidade de Nhanale .....	11
CAPÍTULO III. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	14
3.1. Disponibilidade de água.....	14
3.2. As águas subterrâneas .....	14
3.3. O Ciclo hidrológico .....	15
3.4. Os aquíferos.....	17
3.4.1. Tipos de aquíferos.....	17
3.4.2. Tipos de aquíferos quanto à porosidade .....	18

3.4.3. Tipos de aquíferos quanto à pressão.....	18
3.5. Permeabilidade e porosidade.....	19
3.6. Contaminação das águas subterrâneas .....	20
3.7. Salinização das águas subterrâneas .....	21
3.8. Processos de salinização .....	23
3.9. Técnicas de dessalinização.....	23
3.9.1. Destilação ou processos com Ponto Ebulição.....	24
3.9.2. Processos de dessalinização com Membranas .....	24
3.10. Parâmetros em análise para controlo de qualidade das águas subterrâneas .....	25
3.10.1. Parâmetros físicos.....	25
3.10.2. Parâmetros químicos .....	26
3.11. Valores recomendáveis de parâmetros referentes à qualidade de água para fins de consumo doméstico. ....	29
3.12. Métodos de análise.....	30
3.12.1. Volumetria .....	30
3.12.3. Condutimetria.....	30
3.12.4. Fotometria de chama .....	31
3.12.5. Espectrofotometria UV-Visível .....	31
CAPÍTULO IV. PARTE EXPERIMENTAL.....	32
4.1. Equipamentos .....	32
4.2. Materiais.....	32
4.4. Amostragem .....	33
4.5. Procedimentos para determinação dos parâmetros de análise.....	34
4.5.1 Determinação de pH, CE, turvação, $\text{NO}_3^-$ , $\text{NO}_2^-$ e $\text{NH}_4^+$ .....	34
4.5.2. Nitratos (Método de UV).....	34

4.5.3. Análise de NH <sub>3</sub> na forma de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (método directo do reagente de Nessler).....	35
4.5.4. Cloreto (método de Mohr).....	36
4.5.5. Dureza Total – (método de volumetria de EDTA).....	37
4.5.6. Determinação de alcalinidade (bicarbonatos e carbonatos) pelo método volumétrico	38
4.5.7. Determinação de sódio .....	39
4.6. Tratamento estatístico dos resultados .....	40
4.6.1 Precisão.....	40
4.6.2. Intervalo de confiança ou limites confiança .....	41
CAPÍTULO V. DISCUSSÃO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS .....	47
5.1. Descrição de pontos de amostragem.....	47
5.2. pH .....	48
5.3. CE .....	49
5.4. Cloretos .....	50
5.5. Dureza .....	51
5.6. Nitritos .....	52
5.7. Nitratos.....	53
5.8. Amoníaco .....	54
5.9. Sódio .....	55
CAPITULO VI. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	56
6.1. Conclusões .....	56
6.2. Recomendações .....	56
Referências Bibliográficas.....	57
ANEXOS .....	60

## Índice de Tabelas

<i>Tabela 1: Valores limites e recomendáveis de parâmetros físico-químicos referentes à qualidade da água para o consumo. ....</i>	<i>29</i>
<i>Tabela 2: Resultados de pH para amostras de poços 1-6 no distrito de Chigubo .....</i>	<i>42</i>
<i>Tabela 3: Resultados de pH para amostras de furos 0-6 no distrito de Chigubo. ....</i>	<i>42</i>
<i>Tabela 4: Resultados de CE para amostras de poços 1-6 no distrito de Chigubo. ....</i>	<i>42</i>
<i>Tabela 5: Resultados de CE para amostras de furos 0-6 no distrito de Chigubo em mS/cm. ....</i>	<i>43</i>
<i>Tabela 6: Resultados de cloretos para amostras de poços 1-6 no distrito de Chigubo em mg/L</i>	<i>43</i>
<i>Tabela 7: Resultados de cloretos para amostras de furos 0-6 no distrito de Chigubo em mg/L..</i>	<i>43</i>
<i>Tabela 8: Resultados de dureza total para amostras de poços 1-6 no distrito de Chigubo em mg/L.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabela 9: Resultados de dureza total para amostras de furos 0-6 no distrito de Chigubo em mg/L .....</i>	<i>44</i>
<i>Tabela 10: Resultados de nitritos para amostras de poços 1-6 no distrito de Chigubo em mg/L</i>	<i>44</i>
<i>Tabela 11: Resultados de nitritos para amostras de furos 0-6 no distrito de Chigubo em mg/L.</i>	<i>45</i>
<i>Tabela 12: Resultados de nitratos para amostras de poços 1-6 no distrito de Chigubo em mg/L</i>	<i>45</i>
<i>Tabela 13: Resultados de nitratos para amostras de furos 0-6 no distrito de Chigubo em mg/L</i>	<i>46</i>
<i>Tabela 14: Resultados de amoníaco para amostras de poços 1-7 no distrito de Chigubo em mg/L .....</i>	<i>46</i>
<i>Tabela 15: local e datas da recolha das amostras de água dos poços no distrito de Chigubo. ...</i>	<i>47</i>
<i>Tabela 16: local e datas da recolha das amostras de água de furos no distrito de Chigubo. ....</i>	<i>47</i>

## Índice de Figuras

Figura 1: <i>Localização dos pontos de amostragem no distrito de Chigubo província de Gaza.</i> .....	5
Figura 2: <i>Localização do LNHA</i> .....	7
Figura 3: <i>Localidade de Nglopfu- Chigubo</i> .....	9
Figura 4: <i>Captação de água dos poços em Nglopfu</i> .....	10
Figura 5 : <i>Características dos poços de Nglopfu.</i> .....	11
Figura 6: <i>Localização da localidade de Nhanale</i> .....	11
Figura 7: <i>Características dos poços de Nhanale</i> .....	12
Figura 8: <i>A- Abastecimento de água em Nhanale; B-Medição profundidade de poços</i> .....	12
Figura 9: <i>Abastecimento de água na vila de Dindiza. a)Vista de captação de água na vila de Dindiza, b) População á busca de água.</i> .....	13
Figura 10: <i>Ciclo hidrológico da água.</i> .....	16
Figura 11: <i>Tipos de aquíferos quanto à porosidade</i> .....	17
Figura 12: <i>Tipos de aquíferos quanto à pressão</i> .....	19
Figura 13: <i>Formas de ocorrência das águas subterrâneas</i> .....	22
Figura 14: <i>Equipamentos laboratoriais, A- Condutímetro; B- pH metro; C- Espectrofotómetro de absorção molecular.</i> .....	34
Figura 15: <i>Procedimento de análise nitrito: A- coloração rosada significa presença de nitritos. B- medição de absorvância.</i> .....	35
Figura 16: <i>Procedimento de análise de cloretos</i> .....	36
Figura 17: <i>Diagrama ilustrativo de pH da água em diferentes pontos de amostragem de poços.</i> .....	48
Figura 18: <i>Diagrama ilustrativo de pH da água em diferentes pontos de amostra de furos.</i> .....	48
Figura 19: <i>Diagrama ilustrativo de CE da água em diferentes pontos de amostragem para poços.</i> .....	49
Figura 20: <i>Diagrama ilustrativo de CE da água em diferentes pontos de amostragem para furos.</i> .....	49
Figura 21: <i>Diagrama de concentração de Cl em diferentes pontos de amostragem e os limites das normas do INOQ para fins de consumo para poços.</i> .....	50

<i>Figura 22: Diagrama de concentração de Cl em diferentes pontos de amostragem e os limites das normas do INOQ para fins de consumo para furos. ....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 23: Diagrama de concentração de dureza em diferentes pontos de amostragem e os limites das normas do INOQ para fins do consumo para poços. ....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 24: Diagrama de concentração de dureza em diferentes pontos de amostragem e os limites das normas da INOQ para fins do consumo para furos. ....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 25: Diagrama de concentração de nitritos em diferentes pontos de amostragem e os limites das normas do INOQ para fins do consumo para poços. ....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 26: Diagrama de concentração de nitritos em diferentes pontos de amostragem e os limites das normas do INOQ para fins do consumo para furos. ....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 27: Diagrama de concentração de nitratos em diferentes pontos de amostragem e os limites das normas do INOQ para fins do consumo para poços. ....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 28: Diagrama de concentração de nitratos em diferentes pontos de amostragem e os limites das normas do INOQ para fins do consumo para furos. ....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 29: Diagrama de concentração de amoníaco em diferentes pontos de amostragem e os limites das normas do INOQ para fins do consumo para furos. ....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 30: Diagrama de concentração de sódio em diferentes pontos de amostragem e os limites das normas do INOQ para fins do consumo para poços. ....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 31: Diagrama de concentração de sódio em diferentes pontos de amostragem e os limites das normas do INOQ para fins do consumo para furos. ....</i>	<i>55</i>

## Índice de Anexos

<i>Tabela A1.1: Resultados da análise de água dos poços na localidade de Nglopfu usando aparelhos portáteis. ....</i>	<i>I</i>
<i>Tabela A1.2: Resultados da análise de água do furo na localidade de Lheziane usando aparelhos portáteis ....</i>	<i>I</i>
<i>Tabela A1.3: Resultados da análise de água do furo na localidade de Nglopfu usando aparelhos portáteis.....</i>	<i>II</i>
<i>Tabela A1.4: Resultados da análise de água dos furos na localidade de Nhanale usando aparelhos portáteis ....</i>	<i>II</i>
<i>Tabela A2.5: Resultados da análise de água dos poços na localidade de Nglopfu. ....</i>	<i>III</i>
<i>Tabela A2.6: Resultados da análise de água do furo na localidade de Nglopfu ....</i>	<i>IV</i>
<i>Tabela A2.7: Resultados da análise de água dos poços na localidade de Nhanale.....</i>	<i>IV</i>
<i>Tabela A2. 8: Resultados da análise de água dos furos na localidade de Nhanale.....</i>	<i>V</i>
<i>Tabela A2.9: Resultados da análise de água dos furos na localidade de Lheziane e Ndunguza...V</i>	
<i>Tabela A2.10: Resultados da análise de água do furo de vila Dindiza.....</i>	<i>VI</i>
<i>Tabela A3.11: Valores dos volumes, concentrações e absorvâncias para a curva de calibração de nitrato. ....</i>	<i>VII</i>
<i>Tabela A3.12: Valores dos volumes, concentrações e absorvâncias para a curva de calibração de nitrito ....</i>	<i>VIII</i>
<i>Tabela A3.13:Valores dos volumes, concentrações e absorvâncias para a curva de calibração de amoníaco. ....</i>	<i>IX</i>
<i>Tabela A3.14: Valores das concentrações e absorvâncias para a curva de calibração de sódio. X</i>	

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

**CE-** Condutividade eléctrica

**IIA-** Instituto de Investigação em Águas.

**LNHAA-** Laboratório Nacional de Higiene de Água e Alimentos

$\bar{X}$ - Média

**m** -Metro

**MCTESTP-** Ministério da Ciência e Tecnologia e Ensino Superior Técnico Profissional

**MISAU-** Ministério da Saúde (Moçambique)

**nm** -Nanómetro

**NTU** – “Nephelometric Turbidity Units Unidade”

**ppm-** Parte Por Milhão

**%RSD-** Percentagem do desvio padrão relativo

**pH** – Potencial de Hidrogénio

**Km-** Quilómetro

**Turb-** Turbidez

**UEM-** Universidade Eduardo Mondlane

**UV-Vis-**Ultravioleta–visível

## **CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO**

A água é fundamental para o desenvolvimento sustentável dos vários países, pelo que a falta de água ou água sem qualidade diminuem a qualidade de vida das populações. Calcula-se que cerca de 1000 milhões de pessoas não têm acesso á água comprovadamente potável e 2400 milhões não dispõem de saneamento básico no mundo (ROSC, 2013).

O acesso à água potável e ao saneamento seguro continua a ser um dos maiores desafios em África e em Moçambique, em particular, aplicam-se esforços para que mais pessoas tenham acesso á água potável. Embora seja encorajado, o seu progresso contínuo lento, principalmente nas zonas rurais (COSTA, 1987).

Na zona rural, as principais fontes de água são os poços não protegidos, com 42% e água da superfície, como por exemplo, rios e lagos. Por províncias, todas a região Sul, incluindo Manica e Sofala, apresentam percentagens de fontes seguras de água para beber acima de 60% , enquanto as províncias da região Norte, incluindo Zambézia e Tete, apresentam percentagens de água proveniente de fontes seguras abaixo de 50% (ROSC, 2013).

Desta maneira, a qualidade da água destinada ao consumo humano é questão de grande importância e tem ocasionado preocupação no âmbito da saúde pública.

O consumo de água contaminada ou fora dos padrões mínimos de qualidade torna-se factor de risco e agravos à saúde, devido à presença de seres patogénicos e ou elementos e substâncias químicas prejudiciais (CAPUCCI *et al*, 2001).

As águas subterrâneas encontram-se protegidas por camadas de solo, rochas e ou suas alterações. Assim, são menos propensas à contaminação do que as águas superficiais, funcionando como reservatórios. Por outro lado, quando contaminadas, a sua descontaminação torna-se difícil (FERNANDES, 2011).

Dessa maneira, na busca por fontes alternativas, as comunidades voltam-se para a extração de água subterrânea. No uso desta opção, são motivos pelo baixo custo de captação e porque também na maioria das vezes não é necessário nenhum tipo de tratamento, pois os processos de filtração lenta e depuração do subsolo promovem a purificação natural da água, tornando-a potável (BASTOS, 2013).

Sendo assim, levando em conta a importância destes aspectos, este trabalho enquadra-se num projecto do IIA do MCTESTP com o objectivo de analisar a qualidade da água subterrânea (poços e furos) no distrito de Chigubo na província de Gaza pelo LNHA para fins de consumo doméstico segundo os parâmetros temperatura, pH, CE, turvação, dureza total,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{Na}^+$ , bem como conhecer as suas condições actuais e principais fontes de contaminação dos poços, visando dispor de dados aos órgãos competentes, para conservação e uso racional deste recurso.

Portanto este trabalho buscou diagnosticar a qualidade da água captada em poços particulares e furos recém feitos uma região localizada na zona rural, com a realização de análises física - químicas, e comparar com padrões de qualidade estabelecidos na legislação vigente e na literatura. Também se propôs a identificar os seus usos actuais e propor, quando necessário, a utilização da água em consonância com a qualidade apresentada no diagnóstico realizado.

## **1.1. Objectivos**

### **1.1.1 Geral**

- ∞ Estudar a qualidade de água dos poços e furos para fins domésticos no distrito de Chigubo, província de Gaza.

### **1.1.2 Específicos**

- ∞ Fazer o mapeamento das regiões abrangidas;
- ∞ Realizar as análises físico-químicas da água recolhidas dos poços e dos furos seleccionados;
- ∞ Comparar os resultados obtidos com os padrões estabelecidos.

## **1.2. Metodologia**

O trabalho foi realizado obedecendo à seguinte metodologia:

### **∞ Revisão bibliográfica**

A pesquisa bibliográfica consistiu na recolha de informações em artigos de revistas científicas, publicações da internet, trabalhos de licenciatura anteriores e livros de química analítica, sobre os aspectos que caracterizam a qualidade da água e os métodos de análise para os parâmetros identificados.

### **∞ Trabalho do campo**

O trabalho do campo consistiu no mapeamento do local do estudo. Na selecção de sete poços e seis furos e a colheita das amostras para a determinação dos parâmetros. Fez-se entrevista com a comunidade local para conhecer a distribuição de poços e furos e o número da população, conhecendo também se usa algum método de tratamento.

### ∞ **Trabalho laboratorial**

Determinação dos parâmetros como pH, CE, turvação, dureza total,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{Na}^+$ .

### ∞ **Tratamento dos resultados**

O tratamento dos resultados teve a seguinte sequência:

- ✚ Tratamento estatístico dos dados;
- ✚ Discussão e interpretação dos resultados;
- ✚ Conclusões e recomendações.

### ∞ **Elaboração do relatório final**

O relatório foi elaborado tomando em consideração a pesquisa bibliográfica, resultados experimentais e tratamento dos dados.

## **1.3. Problema**

A maior parte da população que vive no distrito de Chigubo atravessa um momento muito crítico de escassez de água para o consumo, abeberamento de gado e para a prática de agricultura, devido á seca prolongada que vem assolando naquela região Norte da província de Gaza.

A água dos poços e dos furos que abastece as populações locais não foi submetida a nenhuma análises da sua qualidade, colocando em risco a saúde das comunidades, segurança alimentar e aumento dos níveis de pobreza, e um dos casos de maior preocupação é o abandono escolar por parte de jovens e crianças.

## **1.4. Pergunta de pesquisa**

A água dos poços e furos do distrito de Chigubo é considerada boa para consumo humano?



## **2.2. Clima e Hidrografia**

Este distrito apresenta um clima tipo árido, com uma precipitação média anual inferior a 500 mm, (para uma planta germinar, como é no caso de milho, precisa de uma precipitação mínima de 350 a 500mm) e uma evapotranspiração potencial de referência geralmente superior a 1500 mm.

A maior parte da região apresenta temperaturas médias anuais superiores a 24° C. A temperatura elevada agrava consideravelmente as condições de fraca precipitação provocando deficiências de água superiores a 800mm anuais. Tais condições são agravadas pela grande irregularidade da quantidade de precipitação ao longo da estação chuvosa e por conseguinte a ocorrência de frequentes períodos secos durante um longo período do ano.

O fenómeno das alterações climáticas tem sido apontado como responsável por fenómenos climáticos extremos, prevendo-se o alargamento dos períodos de seca severa e das áreas desertificadas.

O principal rio da região é o Changane, que banha a faixa leste do distrito, estabelecendo a fronteira com a província de Inhambane (MAE, 2005).

## **2.3. Relevo e solos**

O relevo do distrito é caracterizado por apresentar altitudes inferiores a 200m. Os seus solos são em geral, delgados, com zonas arenosas, característicos de cobertura dos depósitos de Mananga. Apresenta também solos aluvionares que ocorrem ao longo da planície do rio Changane, embora com limitações decorrentes da presença de sais em excesso (MAE, 2005).

## **2.4. Laboratório Nacional de Higiene de Águas e Alimentos**

Todos os ensaios analíticos referentes ao presente trabalho foram realizados durante o Estágio Laboral que teve a duração de 5 meses, começando estágio no mês de Janeiro de 2015 no Laboratório Nacional de Higiene de Águas e Alimentos, pertencente ao MISAU. O Laboratório situa-se na cidade de Maputo na Avenida das FPLM, atrás do Hospital Geral de Mavalane e do Centro de Saúde de Mavalane (ver figura 2).

O Laboratório é constituído de três departamentos principais nomeadamente:

- ∞ *Departamento de Águas*, no qual encontramos os seguintes sectores:
- ∞ Química de Águas.
- ∞ Microbiologia de Águas.

*Departamento de Alimentos*, no qual encontramos os seguintes sectores:

- ∞ Química de Alimentos.
- ∞ Microbiologia de Alimentos.

*Departamento de Toxicologia*, no qual encontramos os seguintes sectores:

- ∞ Toxicologia e Contaminantes Ambientais.
- ∞ Instrumentação.



Figura 2: *Localização do LNHA*  
*Fonte: Google Maps, 2015*

O Laboratório de química das águas é responsável pelo controlo de amostras de água, em termos de parâmetros físicos e químicos, nomeadamente: pH, condutividade, cor, dureza total, turvação, cloretos, nitritos, nitratos, amoníaco, “COD”, “BOD”, cloro, cálcio, lítio, sódio e potássio, relativos à qualidade de todo o tipo de águas recebidas pelo LNHA para análise.

## **2.5. Trabalho de campo**

A maior parte das regiões semi-áridas, como é o caso de alguns distritos da província de Gaza, particularmente em Chigubo, Chicualacuala e Massagena, são assoladas por secas prolongadas, causadas principalmente pela ausência da precipitação, que é normal naquela região devido á sua localização geográfica.

Na sequência da escassez de água que se faz sentir nos distritos norte da província de Gaza, com maior incidência no distrito de Chigubo, devido à prolongada seca que assola esta região, colocando maior parte das famílias em situação de vulnerabilidade cíclica.

A falta de água concorre para a disputa de pequenas bolsas de água remanescentes entre o homem e animal, e as comunidades locais são forçadas a consumir água imprópria, na maior parte dela salobra obtida nos poços e alguns abastecimentos (furo), e o consumo desta tem causado várias doenças de veiculação hídrica para além do espectro de fome devido á fraca produtividade agrícola.

O Instituto de Investigação em Águas (IIA), sob orientação do Governo Central, na conjugação de esforços para a mitigação do impacto da falta de água para o consumo das comunidades locais, foi incumbido de elaborar uma pesquisa para implementação de um projecto de dessalinização da água, nas regiões afectadas.

Assim, foi efectuada uma serie de viagens de estudo em dois períodos distintos, de 17 a 21 de Agosto e de 13 a 15 de Setembro de 2015, ao distrito de Chigubo, província de Gaza.

O presente estudo consistiu em visitar localidades que apresentam maiores índices de carência de abastecimento de água. Foi feito um mapeamento dos locais onde há possibilidade implementar os sistemas de abastecimento de água (furos), fez-se análises preliminares dos parâmetros: turvação, CE, pH, temperatura e recolha de amostras das águas em locais onde a população adquire água para posteriormente fazer a sua análise no LNHA.

### 2.5.1. Localidade de Nglopfu

A Localidade Ndlopfu, dista a 17 Km da vila sede do distrito de Chigubo em Dindiza, é uma zona praticamente rural, onde maior parte dos seus residentes se dedica a prática da actividade pecuária, principalmente na criação do gado bovino e caprino. Não foi constatada em nenhum local a prática da agricultura, devido a seca que assola aquela região.



*Figura 3: Localidade de Nglopfu- Chigubo*

*Fonte: Direcção distrital de infra-estruturas de educação, saúde e águas de Chigubo*

Segundo dados obtidos no local, esta localidade é constituída por cerca de 500 famílias na maior parte crianças com idade escolar, estas dedicam maior parte do tempo a procura da água, chegando às vezes deslocar-se à vila, a busca do precioso líquido.

Devidas as características das zonas rurais, as casas estão dispersas sem nenhum ordenamento. Não possui furos de água, não existe centro de saúde, a população local recorre à vila sede para ter cuidados médicos. Tem uma escola de nível elementar, que possui dois tanques de 2000 litros cada que são abastecidos da água trazida da vila, mas de forma irregular. Esta também beneficia a população local, no entanto, não é suficiente devido a demanda.

Para o suprimento da falta de água, maior parte desta comunidade, recorre aos poços existentes para poder retirar água para consumo e abeerramento de gado.

### 2.5.2. Impacto do gado na qualidade da água para consumo humano

Nas áreas onde os sistemas mistos dominam, pessoas e gado partilham muitas vezes a mesma fonte de água seja esta um lago, lagoa, poço ou furo. À beira destas fontes, a qualidade da água para consumo humano diminui quando o gado tem livre acesso a estas fontes. A água fica contaminada com fezes e urina, pondo em causa a saúde humana.

No caso de um poço aberto, a contaminação por cordas e baldes com fezes, pode acontecer quando é dada água aos animais na vizinhança do poço. Um outro factor de risco é que os animais caiam à água e se afoguem.

No caso de poços cobertos e furos, o risco de contaminação é quase nulo. Tanto as pessoas como o gado podem ter água limpa. Uma grande capacidade de puxar água pode provocar uma grande concentração de gado na área à volta da fonte de água. No caso de um poço provoca a poluição por nitratos e nitritos da urina e fezes da água subterrânea, como mostra a figura 4. Nos casos de furos atingem geralmente lençóis de água abaixo do nível freático os riscos de contaminação com nitratos provenientes dos animais serão menores.

A maior parte dos poços desta localidade são de uso comum, e não apresentam nenhuma protecção de segurança, sendo vulneráveis ao desabamento e contaminação fecal de animais, havendo relatos de alguns distúrbios intestinais causados pelo consumo das águas dos poços.



*Figura 4: Captação de água dos poços em Nglopfu*

Neste local os poços apresentam profundidades mais ou menos iguais, em geral, compreendidas entre 7 e 8 metros, portanto, em aquíferos não muito profundos (figura 5)



*Figura 5 : Características dos poços de Nglopfu.*

### **2.5.3. Localidade de Nhanale**

A localidade de Nhanale é uma das poucas povoadas do distrito de Chigubo, dista a 50 Km de Dindiza, vila sede do distrito. Esta localidade é constituída por cerca de 1500 famílias.

Existe um posto de saúde, uma escola primária, tem um furo com dois tanques de reserva que abastece toda a vila, a água é captada com uso de sistema de energia solar, no entanto, a água é salobra.



*Figura 6: Localização da localidade de Nhanale*

*Fonte: Direcção Distrital de infra-estruturas de Educação, Saúde e Água de Chigubo*

Algumas comunidades residentes em locais distantes da sede de Nhanale, como é o caso do povoado de Manguandzuane e Que-Que, que dista a 15 Km da sede, onde não existem furos, a

população recorre na abertura de poços artesanais, situada nas zonas baixas onde possuem reservas de água. No povoado de Manguandzuane diferentemente de outros locais, cada família tem um poço e este estão protegido com tampa e lacrado para evitar o uso indivíduo desconhecido e protegidos contra os animais, como mostra a figura 7.



*Figura 7: Características dos poços de Nhanale*

A água encontra-se em média a uma profundidade de 14m.

Nesta comunidade, não foram relatados casos de doenças relacionadas com o consumo de água, porque segundo informação obtida no local, a população tem algum conhecimento sobre tratamento de água, como ferver antes de ser consumida (Figura 8).



*Figura 8: A- Abastecimento de água em Nhanale;  
B- Medição da profundidade de poços de Maguandzuane.*

#### 2.5.4. Vila de Dindiza

A vila de Dindiza é a sede do distrito de Chigubo, onde está concentrada a maior parte da população. Existem algumas infra-estruturas administrativas, centro de saúde, escolas de nível primário e secundário, energia eléctrica, embora cobrindo poucas famílias, a actividade comercial de carácter informal é a mais preponderante.

Nesta vila a escassez de água também é notória, apesar de existirem alguns furos de água a demanda é muito grande, porque os sistemas instalados não têm capacidade suficiente para abastecer toda a população local e dos arredores, que se dirigem à vila para a busca deste precioso líquido (Figura 9).



*Figura 9: Abastecimento de água na vila de Dindiza. a) Vista de captação de água na vila de Dindiza, b) População á busca de água.*

## **CAPÍTULO III. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1. Disponibilidade de água**

A disponibilidade de água de qualidade é condição indispensável para a própria vida, principalmente quando consideramos um número elevado de índice de doenças adquiridas pela população quando consomem água contaminada (BASTOS, 2013).

Aproximadamente 70% da superfície terrestre encontram-se coberta por água, considerando que 2,5% é água doce, está distribuída da seguinte forma: 29,7% nos aquíferos; 68,9% nas calotas polares; 0,5% em rios e lagos e 0,9% em outros reservatórios (nuvens, vapor de água,). A ingestão de água tratada é um dos importantes factores de contribuição para a conservação da saúde (FERNANDES, 2011).

### **3.2. As águas subterrâneas**

As águas subterrâneas constituem o segundo maior reservatório de água doce do planeta terra e o seu estudo reveste-se de grande interesse para as mais diversas actividades humanas. Em vastas áreas do globo, as águas utilizadas são exclusivamente subterrâneas, captadas através de nascentes naturais, poços, furos (ABOO, 2013).

Em sentido mais restrito, a água subterrânea é aquela que se encontra abaixo da superfície freática, ou seja, na zona de saturação.

Na maioria das vezes, a água subterrânea não necessita de tratamento para o seu consumo, devido ao processo de filtragem natural do subsolo. Fazem parte deste manancial: poços e furos profundos (ABOO, 2013).

A qualidade da águas subterrâneas muitas das vezes depende de vários factores tais como a condições do aquífero, litologia da região onde se encontra, a sua velocidade de circulação, qualidade da água de infiltração e o movimento de substâncias transportadas pela mesma (ABOO, 2013).

### **3.3. O Ciclo hidrológico**

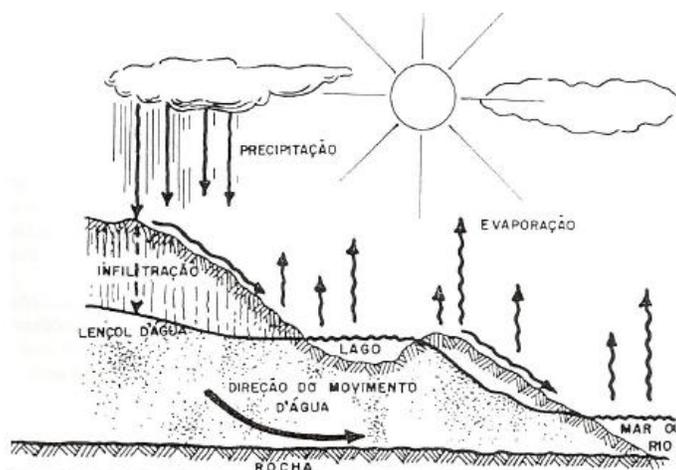
O Ciclo hidrológico é o processo mais importante actuando na dinâmica externa da Terra, movimentando a água através da atmosfera, superfície (rios, lagos, mares, geleiras) e subsuperfície (água subterrânea), gerando condições para o aparecimento da vida, essencial para as actividades humanas, bem como para manter o equilíbrio do planeta, como se pode observar na Figura10 (ROSC, 2013).

O ciclo hidrológico pode ser definido como uma sequência fechada de fenómenos nos quais a água passa da superfície do globo terrestre para a atmosfera, na fase gasosa, e volta a atingir aquela superfície nas fases líquida ou sólida. Segundo o ciclo hidrológico as águas podem ser classificadas como:

- Meteorológicas – chuvas, neves, granizo.
- Superficiais – rios, lagos, reservatórios.
- Subterrâneas – as águas subterrâneas podem estar em aquíferos:

Após a precipitação, parte da água escorre pela superfície e outra parcela infiltra e percola no interior do subsolo como mostra a Figura 10, em diferentes intervalos de tempo, pois a infiltração depende de factores como: porosidade do solo, presença ou não de cobertura vegetal, inclinação do terreno, regime de chuva, entre outros factores.

Ao se infiltrar no solo, a água da chuva passa por uma porção de terreno chamada de zona não saturada, onde os poros são preenchidos parcialmente por água e ar. A outra parcela da água, devido à gravidade, continua em movimento atingindo zonas mais profundas. As zonas saturadas são as mais profundas, onde os poros são totalmente preenchidos (BASTOS, 2013).



*Figura 10: Ciclo hidrológico da água.*

*Fonte: INGRH (1997).*

Embora, teoricamente, a água subterrânea esteja presente em qualquer lugar isso não significa que um poço possa ser localizado em qualquer lugar. A captação de água subterrânea tem um custo por vezes elevado e portanto, não deve ser feita sem critérios. Existem factores naturais que condicionam a distribuição e concentração da água subterrânea em certos locais, de maneira a melhorar o rendimento e a vazão do poço, tornando o empreendimento mais proveitoso e evitando ou diminuindo a taxa de insucessos (INGRH, 1997).

Nem toda a água subterrânea está integrada no ciclo hidrológico recente. No interior da terra existe água que nunca fez parte da componente superficial ou atmosférica do ciclo hidrológico da água juvenil. Para além desta, podem ainda considerar-se outros tipos de águas subterrâneas, nomeadamente, a água magmática, água meteórica (ABOO, 2013).

### 3.4. Os aquíferos

Aquífero é um reservatório subterrâneo de água, caracterizado por camadas ou formações geológicas suficientemente permeáveis, constituído de rochas sedimentares ou rochas maciças compactas, capazes de armazenar e transmitir água (BASTOS, 2013).

As formações geológicas podem também ser classificadas quanto ao seu conteúdo em água e à sua capacidade de a transmitir, além de aquíferos, em aquífero, em aquífero, em aquífero, em aquífero.

Um aquífero é uma formação geológica impermeável que contém água, mas cuja transmissão é extraordinariamente lenta. Por sua vez, um aquífero é uma camada de solo impermeável que não deixa passar a água, embora possa contê-la, como acontece nos sedimentos com poros não ligados ou sedimentos com poros muito pequenos. Constituem exemplos de aquífero estratos de argila compacta, rochas ígneas e metamórficas não fracturadas. E um aquífero é uma formação geológica que não contém água e não pode transmitir, como por exemplo uma rocha granítica não alterada e rochas metamórficas com poucas fracturas (BASTOS, 2013).

#### 3.4.1. Tipos de aquíferos

A litologia do aquífero, ou seja, a sua constituição geológica (porosidade/permeabilidade intergranular ou de fissuras) é que irá determinar a velocidade da água em seu meio, a qualidade da água e a sua quantidade como reservatório, como mostra a Figura 11.

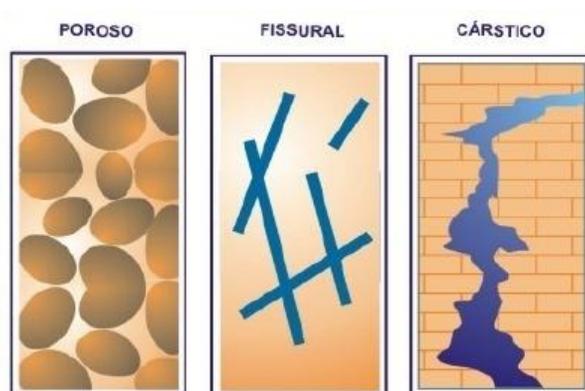


Figura 11: Tipos de aquíferos quanto à porosidade  
Fonte: (SOUZA, 2006)

### **3.4.2. Tipos de aquíferos quanto à porosidade**

Aquífero poroso ou sedimentar ocorre nas chamadas rochas sedimentares e constitui o mais importante aquífero pelo grande volume de água que armazena e por sua ocorrência em grandes áreas (ROSC, 2013).

Uma particularidade desse tipo de aquífero é a sua porosidade quase sempre homogeneamente distribuída, permitindo que a água flua para qualquer direção, em função tão-somente dos diferenciais de pressão hidrostática ali existente. Essa propriedade é conhecida como isotropia.

Aquífero fracturado ou fissurado é formado por rochas ígneas, metamórficas ou cristalinas, duras e maciças, onde a circulação da água se faz nas fracturas, fendas e falhas, abertas devido ao movimento tectónico. Ex: basalto, granitos, gabros, filões de quartzo. A capacidade dessas rochas de acumularem água está relacionada a quantidade de fracturas, suas aberturas e intercomunicação, permitindo a infiltração e fluxo da água. (SOUZA, 2006).

Aquífero cárstico é um dos aquíferos formados em rochas carbonáticas. Constitui um tipo peculiar de aquífero fracturado, onde as fracturas, devido à dissolução do carbonato pela água, podem atingir aberturas muito grandes (cavernas), criando verdadeiros rios subterrâneos (ROSC, 2013).

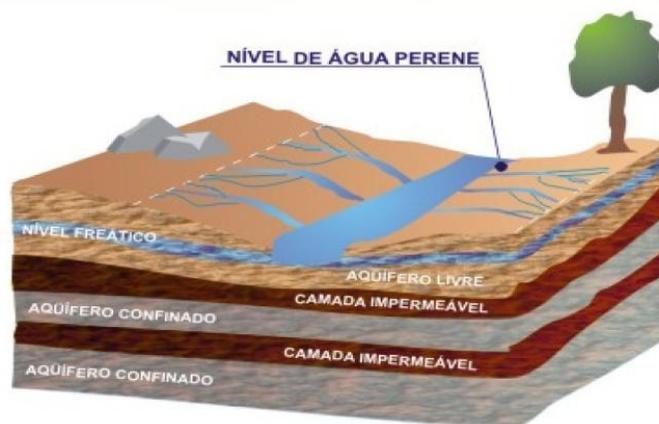
### **3.4.3. Tipos de aquíferos quanto à pressão**

*Aquífero livre ou freático* é aquele constituído por uma formação geológica permeável e superficial, totalmente aflorante em toda a sua extensão, e limitado na base por uma camada impermeável. A superfície superior da zona saturada está em equilíbrio com a pressão atmosférica, com a qual se comunica livremente.

Os *aquíferos livres* têm a chamada recarga directa. Em aquíferos livres o nível da água varia segundo a quantidade de chuva. São os aquíferos mais comuns e mais explorados pela população.

São também os que apresentam maiores problemas de contaminação. *Aquífero confinado ou artesianos* é aquele constituído por uma formação geológica permeável, confinada entre duas

camadas impermeáveis ou semipermeáveis como mostra a Figura 12. A pressão da água no topo da zona saturada é maior do que a pressão atmosférica naquele ponto, o que faz com que a água ascenda no poço para além da zona aquífera. Se a pressão for suficientemente forte a água poderá jorrar espontaneamente pela boca do poço. Neste caso diz-se que temos um poço jorrante. (SOUZA, 2006).



*Figura 12: Tipos de aquíferos quanto à pressão  
Fonte: (BOSCARDIN et al, 2004).*

### **3.5. Permeabilidade e Porosidade**

*Porosidade* é a capacidade que o solo ou rocha tem de armazenar água. É medida pelo percentual de volume ocupado pelos vazios ou poros no volume do corpo rochoso.

*Permeabilidade* é a capacidade que tem a rocha ou solo para armazenar e transmitir a água. Ela depende do tamanho dos poros e da intercomunicação entre eles (CAPUCCI et al, 2001).

As rochas sedimentares (rochas moles) têm alta porosidade ao contrário das rochas cristalinas (rochas duras), mas nem todas possuem alta permeabilidade. As argilas têm poros tão pequenos que não deixam passar água, sendo por isso consideradas praticamente impermeáveis. Outras rochas sedimentares como os arenitos e areias inconsolidadas possuem tanto porosidade quanto permeabilidade elevadas. Já nas rochas cristalinas, a permeabilidade será proporcional ao número de fracturas e interconexão entre elas (CAPUCCI et al, 2001).

Para existir água subterrânea, a água meteórica terá de conseguir atravessar e circular através das formações geológicas que têm de ser porosas e permeáveis.

As rochas ígneas e metamórficas não alteradas são fracos aquíferos, em virtude de apresentarem baixa permeabilidade e porosidade (ABOO, 2013).

### **3.6. Contaminação das águas subterrâneas**

A contaminação é a presença de concentrações elevadas de substâncias na água, isto é, concentrações que estão acima do nível base estabelecido. Por sua vez, a poluição é a introdução pelo Homem, directa ou indirectamente, de substâncias no meio aquático, resultando em efeitos nocivos que prejudiquem os seres vivos e representam um perigo para a saúde humana.

A poluição das águas subterrâneas é geralmente difícil de detectar. Na maioria das vezes, a contaminação só é descoberta no momento em que substâncias nocivas aparecem nos reservatórios de água potável, quando a poluição já se espalhou sobre uma grande área (CAPUCCI *et al*, 2001).

A água subterrânea poluída só pode ser descontaminada por intermédio de processos caros e demorados através de sofisticadas tecnologias. Nos piores casos, o abandono completo da sua utilização durante muito tempo é a melhor solução. Estes factos são cada vez mais reconhecidos pela comunidade internacional, pelo que a ciência e a tecnologia se encontram cada vez mais empenhadas em ajudar, de forma a evitar os efeitos mais nocivos. Os preciosos recursos de água subterrânea precisam, cada vez mais, de ser protegidos e bem geridos, de forma a permitir a sua utilização sustentável a longo prazo.

Da mais variadas fontes de contaminação das águas subterrâneas destacam-se as operações mineiras, fossas mal construídas, a sobre-exploração dos aquíferos costeiros, as lixeiras a céu aberto, os aterros sanitários de construção defeituosa, os esgotos subterrâneos, a injeção e armazenamento de resíduos perigosos no subsolo, efluentes urbanos e industriais, os adubos,

fertilizantes e pesticidas usados intensivamente nas actividades agrícolas, a deposição de dejectos animais resultantes das actividades agropecuárias.

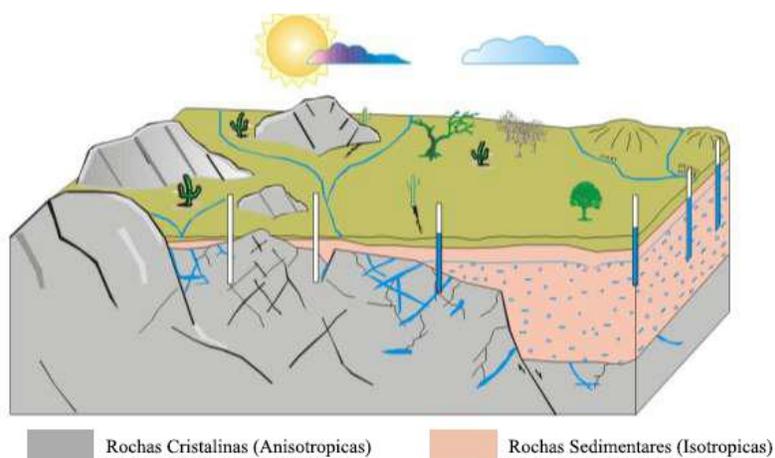
Em Moçambique existem cerca de 20 mil fontes de água subterrânea (poços e furos), inclusive algumas capitais provinciais como Pemba, Quelimane, Tete e Xai-Xai, dependem quase exclusivamente das águas subterrâneas. O abastecimento a partir destas fontes é feito por pequenos operadores privados, cujo número tende a crescer e registam-se casos de poluição dos aquíferos, resultante da ocupação desordenada do solo, fossas sépticas mal construídas, a sobre exploração dos aquíferos costeiros e lixeiras a céu aberto nas principais capitais provinciais.

É de salientar que em Moçambique desde a independência em 1975 até ao ano 2011, não existia nenhuma lei que regulasse as actividades de pesquisa e captação de águas subterrâneas, este facto também contribuiu para a gestão inadequada dos recursos subterrâneos por parte das populações locais. Mesmo com a regulamentação das águas subterrâneas, o país ainda tem pela frente muito trabalho, desde a inventariação dos poços e furos e a sensibilização da população (ABOO, 2013).

### **3.7. Salinização das águas subterrâneas**

De acordo com a salinidade, podemos dividir a água em doce, salobra e salgada. A água doce apresenta pouca quantidade de sal (cloreto de sódio), essa é a água mais utilizada pelo homem e encontra-se disponível em rios, lagos e reservas subterrâneas.

A água salgada é aquela rica em sais dissolvidos, principalmente o cloreto de sódio, esse tipo de água é encontrada nos mares e oceanos e compõe cerca de 97,5% do total da água existente na Terra. Por fim, temos a água salobra, que apresenta características intermediárias, ou seja, possui mais sais que a água doce e menos sais que a água salgada além dessa classificação básica, podem citar outros tipos bastante conhecidos de água, tais como a água potável, a água mineral, a água destilada e a água desionizada (RAMOS, 2009).



*Figura 13: Formas de ocorrência das águas subterrâneas  
(Fonte LUCINDA, 2013)*

Na Figura 13 podemos observar que nas rochas cristalinas a produção das águas subterrâneas é muito baixa. Esse embasamento caracteriza-se por porosidade e permeabilidade primárias baixas, que proporcionam pequena capacidade de armazenamento de água subterrânea. São constituídas de rochas com minerais bem cristalizados, possuindo vastas áreas de imensos maciços de rochas aflorantes ou subaflorantes (LUCINDA, 2013).

Esse tipo de solo dificulta a infiltração da água que se acumula nas fracturas e fissuras da rocha formadas pelos movimentos tectónicos da Terra. Como consequência, as águas subterrâneas possuem altos teores salinos, assimilando os sais constituintes dessas rochas, tornando-as impróprias para o consumo humano. (LUCINDA, 2013).

Outro factor importante da salinização é a toxidez de iões específicos (principalmente sódio, cloreto e boro) contidos no solo ou na água. Esses iões acumulados nas plantas em concentrações suficientemente altas podem causar danos e reduzir os rendimentos das culturas sensíveis, além de propiciarem corrosão dos equipamentos de irrigação. Além disso, a presença de sais no solo causa a fragmentação de suas partículas o que provoca a dispersão da argila. Dessa forma, há uma modificação da estrutura do solo com a redução dos tamanhos dos poros, o que afecta significativamente a suas propriedades físicas, reduzindo assim, a capacidade de infiltração de água – tornam os solos mais compactados.

### **3.8. Processos de salinização**

O termo salinização é utilizado para os processos de acumulação de sal no solo. Ocorre especialmente, em áreas áridas e semi-áridas, onde os sais solúveis se precipitam à superfície ou no interior do solo (LUCINDA, 2013).

A acumulação de sais no solo é o produto final de vários processos diferentes, conduzidos por diferentes causas, que conduzem ao mesmo resultado. Em termos gerais, pode distinguir-se a salinização primária, devido às características naturais do solo, e a salinização secundária, onde as actividades humanas desempenham um papel central.

Basicamente, a salinização acontece onde, dependendo das características do solo e do nível freático, o equilíbrio entre a precipitação ou irrigação e evaporação é deslocado para cima na direcção da evaporação. A quantidade e tipo de sais presentes na água subterrânea dependerão do meio percolado, do tipo e velocidade do fluxo subterrâneo, da fonte de recarga do aquífero e do clima da região (LUCINDA, 2013).

Pode-se identificar três processos principais, que podem causar salinização:

- ✓ A subida do nível freático até, ou perto, da superfície: ocorre em terras áridas não irrigadas onde os sais se acumulam por evaporação da água, na superfície do solo;
- ✓ Excessivo uso de água para irrigação em climas secos, com solos pesados, causa a acumulação de sais, porque não são lavados pela precipitação;
- ✓ Intrusão de água salgada: tal ocorre em áreas costeiras, onde a água do mar substitui a água subterrânea, que foi sobre-explorada (LUCINDA, 2013).

### **3.9. Técnicas de dessalinização**

Os cientistas já comprovaram que é possível transformar água salgada em água doce, através das técnicas de dessalinização. Dessalinização é o processo físico-químico que permite a remoção de sais da água do mar (contém cerca de 3, 5% de sais dissolvidos) ou da água salobra das outras fontes (SOUZA, 2006).

Um dispositivo de dessalinização essencialmente efectua a separação da água salina em dois fluxos: um com baixa concentração de sais dissolvidos (o fluxo de água destilada) e outro com alta concentração de sais.

O dispositivo requer energia para operar e pode usar variadas tecnologias para efectuar a separação. As tecnologias para dessalinização podem ser usadas para diversas aplicações, todavia aqui serão discutidas exclusivamente para produção de água para consumo.

No entanto, o emprego das tecnologias de dessalinização nos últimos 40 anos permitiu mudanças notórias em algumas partes do árido Médio Oriente, norte da África, onde a falta da água doce tem severamente limitado o desenvolvimento. Agora, cidades modernas e indústrias de porte desenvolveram-se em algumas dessas áreas, graças à disponibilidade de água doce, produzida por dessalinização de água do mar. A partir dos anos 80 a tecnologia de dessalinização tornou-se um empreendimento totalmente comercial (SOUZA, 2006).

### **3.9.1. Destilação ou processos com ponto ebulição**

No processo de destilação, a água é aquecida produzindo assim vapor de água que, por sua vez, é condensado para formar água destilada. O processo de destilação imita o ciclo natural da água e é o mais antigo dos processos de dessalinização. No entanto, teve aperfeiçoamento com o passar dos anos (RAMOS, 2009).

### **3.9.2. Processos de dessalinização com membranas**

Todos os processos de transformação utilizados visam à obtenção de produtos com especificações definidas. O caminho para chegar aos produtos finais passa por processos de separação, concentração e purificação, um exemplo é a osmose inversa que é um processo de separação com membranas usado quando se deseja reter solutos de baixo peso molecular, tais como sais inorgânicos ou pequenas moléculas orgânicas como glicose. O aprimoramento destas transformações, para obtenção de produtos finais cada vez melhores e com menor custo, tem sido um dos maiores desafios da indústria (MOTA, 2007).

### 3.10. Parâmetros em análise para controlo de qualidade das águas subterrâneas

A qualidade das águas subterrâneas é dada, a princípio, pela dissolução dos minerais presentes nas rochas que constituem os aquíferos. Mas, ela pode sofrer a influência de outros factores como composição da água de recarga, tempo de contacto água ou meio físico, clima e até mesmo a poluição causada pelas actividades humanas (CAPUCCI *et al*, 2001).

Tendo em conta as características organolépticas e composição, a água pode ser classificada em potável, quando pode ser consumida pela população humana sem pôr em perigo a sua saúde, ou seja, deve ser incolor, inodora, e de bom sabor, livre de impurezas que provocam as doenças e não ter propriedades nocivas para a saúde (INGRH, 1997).

Os parâmetros químicos são os mais importantes para se caracterizar a qualidade da água, pois permitem classificar seu conteúdo mineral, determinar o grau de contaminação, caracterizar picos de concentração de poluentes tóxicos e avaliar o equilíbrio bioquímico que é necessário para a manutenção da vida aquática (MACÊDO, 2001).

#### 3.10.1. Parâmetros físicos

- a) *Cor* - responsável pela coloração da água, é constituída por material sólido dissolvido. Ela pode ser de origem natural (decomposição da matéria orgânica gerando ácido húmico e fúlvico ou pela presença de Fe ou Mn) ou de origem antropogénica (resíduos industriais como corantes ou esgotos domésticos).
- b) *Turbidez* - representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. A fonte são sólidos em suspensão que podem ser de origem natural (partículas de rocha, areia e silte, além de algas e outros minerais) ou antropogénica (despejos domésticos, industriais, microorganismos e erosão).
- c) *Sólidos dissolvidos*: material que passa através do filtro. Representam a matéria em solução ou em estado coloidal presente na amostra do efluente.

d) *Temperatura*: é a medida de aquecimento ou arrefecimento do corpo, sendo originada de forma natural.

A sua importância consiste no facto de que ela afecta a taxa das reacções químicas e biológicas assim como a solubilidade dos gases ( $O_2$  e  $H_2S$ ). Este parâmetro é utilizado na caracterização de corpos de água e da água bruta.

e) *Condutividade*: é a capacidade da água transmitir a corrente eléctrica pela presença de iões (catiões e aniões). A sua origem é da dissociação de substâncias que se encontram dissolvidas na água. Para a sua medida é utilizado um condutivímetro que fornece o resultado em microsiemens por centímetro ( $\mu S/cm$ ) ou em milisiemens por centímetro ( $mS/cm$ ) (SOUZA, 2006).

### 3.10.2. Parâmetros químicos

a) *O pH* é um parâmetro que indica a concentração de iões  $H^+$  em uma amostra, ou seja, é indicador da acidez ou basicidade da água. A água de qualidade para fins do consumo deve apresentar-se na faixa de pH (6.5-8.5); acima desta, pode causar desequilíbrio nutricional ou pode conter um ião tóxico que pode causar irritação da pele e abaixo da faixa pode causar corrosão nas tubulações (CHIBANTÃO, 2012).

Para a sua medição utiliza-se um condutivímetro, que é dotado de eléctrodo de vidro em associação com soluções indicadoras ou papel indicador.

B) *Alcalinidade*: causada por sais alcalinos, principalmente de sódio e cálcio; mede a capacidade da água de neutralizar os ácidos fortes até um determinado pH; em teores elevados, pode proporcionar sabor desagradável à água, tem influência nos processos de tratamento da água. Para medir alcalinidade em laboratório, utiliza-se o ácido sulfúrico.

A alcalinidade é devida principalmente à presença de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. Os compostos mais comuns são os seguintes:

- Hidróxidos de cálcio ou de magnésio;
- Carbonatos de cálcio ou de magnésio;
- Bicarbonatos de cálcio ou de magnésio;
- Bicarbonatos de sódio ou de potássio.

A presença demasiada dos iões  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$  pode provocar a precipitação do cálcio nas tubulações, diminuindo a eficiência de aplicação da água e elevando o risco de maior quantidade de sódio (BOANA, 2011).

c) *Dureza*: é a soma de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e é tida como uma medida da capacidade da água de precipitar sabão.

O sabão é precipitado principalmente pela presença de iões cálcio e magnésio. Outros catiões, como por exemplo, ferro, manganês e zinco, podem precipitar o sabão; porém, geralmente estão presentes na água na forma de complexos, frequentemente com constituintes orgânicos, e na sua participação na dureza da água é mínima.

O cálcio e magnésio estão presentes na água, principalmente nas seguintes formas:

- Bicarbonatos de cálcio e de magnésio designa-se por dureza temporária;
- Sulfatos de cálcio e de magnésio designa-se por dureza permanente (BOANA, 2011).

Em concentrações elevadas consomem muito sabão na limpeza em geral, deixam resíduos insolúveis e causam corrosão e incrustações nas tubulações, tradicionalmente, a dureza exprime a capacidade de a água reagir com sabões. Actualmente, utiliza-se o método de titulação com EDTA (ácido etileno diaminotetracético), para analisar dureza.

Classificação das águas, em termos de dureza (em  $\text{CaCO}_3$ ):

- Menor que 50 mg/L  $\text{CaCO}_3$  - água mole;
- Entre 50 e 150 mg/L  $\text{CaCO}_3$  - água com dureza moderada;
- Entre 150 e 300 mg/L  $\text{CaCO}_3$  - água dura;
- Maior que 300 mg/L  $\text{CaCO}_3$  - água muito dura (CHIBANTÃO, 2012).

d) *Cloreto*: é um dos aniões presentes em grande quantidade na água, e pode dar uma ideia do seu grau de salinidade. A sua presença na água é devida à contaminação por águas de esgotos, dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar. O cloreto provoca sabor salgado na água, sendo o cloreto de sódio o mais restritivo por provocar sabor em

concentrações da ordem de 250mg/L, valor este que é tomado como padrão de potabilidade (BOANA, 2011).

- e) *Nitrogénio*: pode estar presente na água sob várias formas: molecular ou iónica (amónia, nitrito, nitrato), é um elemento indispensável ao crescimento de algas, mas, em excesso, pode ocasionar um exagerado desenvolvimento desses organismos, fenómeno chamado de eutrofização. A presença do ião nitrato, na água, pode causar a metemoglobinemia. As causas do aumento do nitrogénio na água são devido aos esgotos domésticos e industriais, fertilizantes, excrementos de animais (BOANA, 2011).
- f) *Sódio (Na<sup>+</sup>)*: o sódio é um elemento químico quase sempre esta presente nas águas subterrâneas. A sua principal fonte mineral (feldspatos plagioclásios) é pouco resistente aos processos intempéricos, principalmente a química. Os sais formados nestes processos são muito solúveis. Nas águas subterrâneas o teor de sódio varia entre 0,1 e 100mg/L. A quantidade de sódio presente na água é um elemento limitante de seu uso na agricultura. Em aquíferos, a presença de sódio na água poderá estar relacionada a intrusão da água do mar (SOUZA, 2006).

### 3.11. Valores recomendáveis de parâmetros referentes à qualidade de água para fins de consumo doméstico.

Tabela1: Valores limites e recomendáveis de parâmetros físico-químicos referentes à qualidade da água para o consumo.

Característica	Limite Admissível		Unidades
	Mínimo	Máximo	
pH	6,5	8,5	-
Condutividade eléctrica	50	2000	$\mu\text{S/cm}$
Turvação	0,5	5	NTU
Deposito	-	Ausente	-
Cor	-	15	TCU
Nitratos	-	50	$\text{mg/L NO}_3^-$
Nitritos	-	3	$\text{mg/L NO}_2^-$
Cloretos	-	250	$\text{mg/L Cl}^-$
Amoníaco como $\text{NH}_4^+$	-	1,5	$\text{mg/L NH}_4^+$
Dureza Total	-	500	$\text{mg/L CaCO}_3$
Sulfatos	-	400	$\text{mg/L SO}_4$
Sólidos Totais dissolvidos	-	1000	$\text{mg/L}$
Matéria Orgânica	-	3	$\text{mg/L O}_2$
Sódio	-	200	$\text{mg/L Na}^+$
Potássio	-	50	$\text{mg/L K}^+$
Cálcio	-	200	$\text{mg/L Ca}$
Magnésio	-	150	$\text{mg/L Mg}$
Manganês	-	0,4	$\text{mg/L Mn}$
Ferro Total	-	0,2	$\text{mg/L Fe}$

Fonte: Instituto Nacional de Normalização Qualidade (INNOQ).

### **3.12. Métodos de análise**

Para a análise das amostras da água foram usados métodos clássicos como a volumetria para a determinação de  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ , dureza total. Também foram usados métodos instrumentais como fotometria de chama (FC) para análise de  $\text{Na}^+$ ; CE por condutimetria; turvação por turbidimetria portátil e  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_2^-$  por Espectrofotometria UV-Visível.

#### **3.12.1. Volumetria**

A volumetria é efectuada fazendo-se reagir uma solução de concentração rigorosamente conhecida (solução - padrão) geralmente contida numa bureta com a solução de concentração desconhecida (VOGEL, 1992).

#### **3.12.2. Turbidimetria**

A turbidimetria baseia-se no fenómeno do espalhamento da radiação electromagnética por partículas em suspensão com dimensões de 1 nm a  $1\mu\text{m}$  (GONÇALVES, 2001).

Quando se faz passar um feixe de radiação através de uma suspensão não absorvente, uma parte deste feixe de radiação é espalhada e isto faz com que ocorra uma atenuação na potência do feixe incidente. A turbidimetria utiliza a medida da atenuação na potência do feixe incidente, relacionando com a concentração da espécie química em suspensão (SILVA, 2008).

#### **3.12.3. Condutimetria**

A condutimetria baseia-se em medidas da condutividade ou condutância eléctrica das soluções iónicas. A condução da electricidade está relacionada com a migração de iões negativos e positivos, quando se aplica uma diferença de potencial entre dois eléctrodos mergulhados na solução electrolítica. Os iões negativos migram para o eléctrodo positivo e os iões positivos para o eléctrodo negativo. A condutância de uma solução iónica depende da natureza dos iões, ou seja, da carga, da mobilidade dos iões e do número de iões presentes (COSTA, 1987).

#### **3.12.4. Fotometria de chama**

A fotometria de chama é a mais simples das técnicas analíticas baseadas em espectroscopia atômica. Nesse caso, a amostra contendo cátions metálicos é inserida em uma chama e analisada pela quantidade de radiação emitida pelas espécies atômicas ou iônicas excitadas. Os elementos ao receberem energia de uma chama geram espécies excitadas que, ao retornarem para o estado fundamental, libertam parte da energia recebida na forma de radiação, em comprimentos de onda característicos para cada elemento químico (OKUMURA *et al*, 2004).

Este método é aplicado normalmente na determinação de metais alcalinos, especificamente Na, K e Li podendo também ser usado para determinação de metais alcalino-terrosos. Estes elementos são distinguíveis pela coloração característica que emitem quando são submetidos ao aquecimento numa chama. A fotometria de chama apresenta interferência, sendo a mais importante a de ionização (GONÇALVES, 2001).

#### **3.12.5. Espectrofotometria UV-Visível**

Nesta técnica um feixe de luz dos comprimentos de onda da região do ultravioleta e visível atravessa pelo espécimen e a sua intensidade antes e depois da interação com a amostra é medida de modo a determinar a luz transmitida ou absorvida pela amostra (OKUMURA *et al*, 2004).

## **CAPÍTULO IV. PARTE EXPERIMENTAL**

Neste capítulo descreve-se equipamentos que foram usados para análise das amostras de água, materiais, reagentes e os procedimentos que foram efectuados para obtenção dos resultados.

### **4.1. Equipamentos**

- Espectrofotómetro de absorção molecular BIOCHROM modelo S22 (LNHAA);
- Fotómetro de chama CORNING, modelo 400 (LNHAA);
- Condutímetro, WTW modelo LF 91 (LNHAA);
- pH metro, WTW modelo LF 91 (LNHAA);
- pH metro portátil INNA modelo HI 83141(IIA);
- Turbidímetro portátil , BUTECH modelo TN-100 (IIA).

### **4.2. Materiais**

- Balões volumétricos
- Buretas
- Copos
- Frascos de plástico (500 e 1000 ml)
- Funil
- Buretas
- Conta gotas
- Erlenmeyer (100 e 250 ml)
- Papel de filtro
- Pipetas (1ml, 5 ml e 25 ml)
- Varetas de vidro

### 4.3. Reagentes

- Água destilada
- Solução indicadora de fenolftaleína
- Indicador misto
- Vermelho de metilo
- Indicador  $K_2CrO_4$  (99,5%), Oxford
- Indicador Negro de Eriocromo
- Indicador murexida (99%), Oxford
- Detergente
- EDTA (99,9%), Oxford a 0,01N
- $H_2SO_4$  (98%), IDALAB a 1N
- HCl (37%), IDALAB a 1N
- NaOH (98%), Oxford a 0,02N
- $AgNO_3$  (99%), G.P.R a 0,1N
- $H_2SO_4$  (98%), IDALAB a 0,02N
- Ácido sulfanílico
- Ácido  $\alpha$ -naftilamina (99,5%), Oxford
- Reagente de Nessler
- HCl (37%), IDALAB a 0,02N

### 4.4. Amostragem

A recolha das amostras efectuou-se em cinco pontos ao longo no distrito de Chigubo nas localidades de Nglopfu, Nhanale, vila de Dindiza, Lheziane e Ndunguza. As amostras de poços foram colhidas no mês Agosto e Setembro do corrente ano, tendo feito primeiramente as análises no local como temperatura, pH e condutividade eléctrica, usando instrumentos portáteis e outras análises foram feitas no LNHA.

## 4.5. Procedimentos para determinação dos parâmetros de análise

### 4.5.1 Determinação de pH, CE, turvação, $\text{NO}_3^-$ , $\text{NO}_2^-$ e $\text{NH}_4^+$

Os parâmetros CE foram medidos pelo condutímetro (Figura 14b), turvação pelo turbidímetro e pH pelo pH metro (Figura 14b). Os iões  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_2^-$  foram determinados pela leitura directa por fotómetro que tem como princípio a medida da intensidade da cor produzida pela reacção do anólito na amostra com reagentes químicos específicos como mostra a figura 14c.



Figura 14: Equipamentos laboratoriais, A- Condutímetro; B- pH metro; C- Espectrofotómetro de absorção molecular.

### 4.5.2. Nitratos (Método de UV)

É uma determinação rápida no espectrofotómetro com comprimento de onda 220nm. Pode ser interferida por matéria orgânica, nitritos e sólidos suspensos. Estes são eliminados por filtração, tratar com HCl 1N e medir absorvância com comprimento de onda 275nm. Primeiro faz-se a leitura directa no espectrofotómetro UV-vis ao comprimento de onda de 220nm, do branco que é água destilada, de seguida faz-se a leitura das amostras (COSTA, 1987).

#### *Nitrito (Métodos do ácido sulfanílico e $\alpha$ -naftilamina)*

A concentração de iões nitrito na água é determinada colorimetricamente graças á formação de um corante azoíco rosado, produzido pela reacção entre ácido sulfanílico, diazotado em ambiente ácido e  $\alpha$ -naftilamina. O cloro livre pode interferir, deve ser eliminado com solução de

tiosulfato. Na preparação da curva de calibração da solução padrão de nitrito e traçar a curva Absorvância/Concentração (COSTA, 1987).

*Preparação de solução em Branco e amostra*

Medem-se para balão aferido 50ml de água destilada (o branco), adiciona-se 1ml da solução de ácido sulfanílico, em seguida adiciona-se 1ml da solução de  $\alpha$ -naftilamina e agita-se. 15min após a adição dos reagentes, mede-se a cor desenvolvida com espectrofotómetro no comprimento de onda de 520nm como mostra a Figura 15. Fazer o mesmo procedimento usando amostra (as amostras da água devem estar límpidas ou tratadas).



*Figura 15: Procedimento de análise nitrito: A- coloração rosada significa presença de nitritos. B- medição de absorvância.*

#### **4.5.3. Análise de $\text{NH}_3$ na forma de $\text{NH}_4^+$ (Método directo do reagente de Nessler)**

Quando a água que contem amoníaco (livre ou em forma de sal) é tratada com uma solução alcalina de iodo-mercurato de potássio ( $\text{K}_2\text{HgI}_4$ ) conhecido por reagente de Nessler forma-se um complexo corado mais ou menos intenso, relativamente á quantidade de amoníaco presente na água. O cálcio, magnésio, ferro e sulfureto podem interferir provocando uma turvação em presença do reagente de Nessler, cor e turvação podem ser eliminados com sulfato de zinco em ambiente alcalino (COSTA, 1987).

*Preparação de solução em Branco e amostra*

Colocar 50 ml de água destilada no balão volumétrico e adicionar 2 gotas de solução de EDTA e 2 ml do reagente Nessler. Em seguida homogeneizar e deixar repousar durante 15 minutos, até

aparecimento da cor amarela e fazer a leitura da absorvância no espectrofotômetro com o comprimento de onda de 420nm. Fazer o mesmo procedimento usando amostra.

#### 4.5.4. Cloreto (método de Mohr)

Numa solução neutra ou fracamente alcalino, o ião cloreto pode ser doseado através duma solução standard de nitrato de prata, utilizando cromato de potássio como indicador do ponto final da titulação; com este método o cloreto precipita quantitativamente como cloreto de prata de cor branca, antes da formação do cromato de prata cor de tijolo. As substâncias normalmente presentes na água não interferem no doseamento. Brometos, iodetos e cianetos dão a mesma reacção dos cloretos, e são doseados como cloretos, o ferro superior a 10mg/l pode interferir mascarando o ponto de viragem (COSTA, 1987).

- Medir 100ml de amostra em análise e para um Erlmeyer de 250ml.
- Adicionar 1ml de indicador.
- Agitar e titular com nitrato de prata 0,1N até formação da cor ligeiramente tijolo
- Registrar o n ° de ml de nitrato de prata gasto (Figura 16).
- Realizar os cálculos.



*Figura 16: Procedimento de análise de cloretos*

#### *Expressão dos resultados*

A concentração do ião cloreto é expressa pela fórmula:

$$Cl^-(mg/l) = \frac{(a-b) \cdot N \cdot 35,45 \cdot 1000}{V} \quad (1)$$

sendo:

a= volume de titulante gasto na titulação da amostra(ml);

b= volume de titulante gasto na titulação do branco (ml);

N= normalidade da solução titulante;

V=volume da amostra analisada (ml);

#### **4.5.5. Dureza Total – (método de volumetria de EDTA)**

Formação de complexos estáveis e incolores com catiões cálcio e magnésio, pela adição de sal dissódico do EDTA em presença dum indicador (negro de eriocromo). Esta técnica não pode ser aplicada às águas muito coradas, pelo facto de ser difícil a identificação do ponto da viragem do indicador (COSTA, 1987).

- Medir 50 ml da amostra em análise para um erlenmeyer de 250 ml.
- Adicionar 3-5 gotas do indicador Negro de Eriocromo e adicionar 1ml da solução tampão
- Agitar e titular com a solução de EDTA até formação da cor azul venosa.
- Registrar o número de mililitros do titulante EDTA gastos.

Expressão dos resultados

$$CaCO_3 (mg/l) = \frac{1000 \cdot V_1}{V} \quad (2)$$

onde:  $V_1$  = volume de titulante gasto na amostra

$V$  = volume da amostra

#### 4.5.6. Determinação de alcalinidade (bicarbonatos e carbonatos) pelo método volumétrico

A alcalinidade das águas depende principalmente do teor em hidróxidos, bicarbonatos e carbonatos. O método não é aplicável quando a amostra é muito corada, quando durante a titulação se forma um precipitado que atrapalha a viragem da cor do indicador e quando estão presentes substâncias que destroem o indicador. Entre estas, é necessário lembrar o cloro residual livre: esta interferência pode eliminar-se por pequenas adições de tiosulfato de sódio (COSTA, 1987).

Pipeta-se 50ml de amostra num copo, juntam-se 3-4 gotas de indicador fenolftaleína e titula-se com ácido clorídrico até aparecimento da cor encarnada (se não aparecer alguma cor encarnada proceder directamente com o indicador misto). Anota-se o volume do titulante gasto, juntam-se 3-4 gotas do indicador misto e continua-se a titulação até viragem de cor verde ou azul-cinzento. Agita-se durante alguns minutos para eliminar CO<sub>2</sub>, e se o indicador voltar à coloração verde-azul continua-se a titulação até viragem estável para cor azul cinzento (pH=5). Continuando a juntar ácido o indicador adquire a coloração vermelha-cinzenta (pH=4,8), e vermelha (pH=4,6).

O ponto de equivalência apresenta cor azul-cizento.

*Expressão dos resultados:*

Alcalinidade à fenolftaleína:

$$\text{meq/l} = \frac{a \cdot N \cdot 1000}{c} \quad (\text{P}) \quad (3)$$

$$\text{mg/l CaCO}_3 = \frac{a \cdot N \cdot 1000}{c} \cdot 50 \quad (4)$$

Alcalinidade total (ao indicador misto)

$$\text{meq/l} = \frac{(a+b) \cdot N \cdot 1000}{c} \quad (\text{T}) \quad (5)$$

$$\text{mg/l CaCO}_3 = \frac{(a+b) \cdot N \cdot 1000}{c} \cdot 50 \quad (6)$$

Bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos

*Quando  $P \leq 1/2T$  (ausência de hidróxidos)*

$$\text{OH}^- = 0$$

$$\text{CO}_3^{2-} = 2P \text{ (meq/l)} = 2P \cdot 30 \text{ (meq/l)} \quad (7)$$

$$\text{HCO}_3^- = T - 2P \text{ (meq/l)} = (T - 2P) \cdot 61 \text{ (mg/l)} \quad (8)$$

*Quando  $P > 1/2T$  (ausência de bicarbonatos)*

$$\text{HCO}_3^- = 0$$

$$\text{CO}_3^{2-} = 2(T - P) \text{ (meq/l)} = 2(T - P) \cdot 30 \text{ (mg/l)} \quad (9)$$

$$\text{OH}^- = 2P - T \text{ (meq/l)} = (2P - T) \cdot 17 \text{ (mg/l)} \quad (10)$$

sendo:

P e T- são termos usados para expressar os resultados calculados das fórmulas 3 e 5.

a = mL de titulante gasto até viragem do indicador fenoftaleína

b = mL de titulante gasto até viragem do indicador misto (incluindo a)

c = mL de amostra

N = normalidade do titulante

Os resultados dos parâmetros como  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$  analisados não serão apresentados em tabelas e gráficos porque não foram encontrados valores limites das normas consultadas pelo que têm valor informativo.

#### **4.5.7. Determinação de sódio**

As águas naturais contêm sódio devido à sua abundância e alta solubilidade de seus sais em água, encontrados na forma iónica ( $\text{Na}^+$ ). Concentrações de sódio em água variam

consideravelmente, dependendo das condições geológicas do local e das descargas de efluentes. O valor máximo recomendável de sódio na água para potabilidade é 200 mg/L, e a leitura é feita no espectrofotómetro de chama a 589nm. Tem interferência os aniões de cloretos, sulfatos e bicarbonatos podem interferir na determinação do sódio (COSTA, 1987).

#### *Procedimento*

- a) Curva de calibração partir de padrões de sódio: medir 1, 2, 4, 6, 8 e 10 ml da solução mãe de sódio a 1000 mg/mL para 100ml de água destilada, obtém-se respectivamente as seguintes concentrações: 10, 20, 40, 60, 80 e 100mg/L.
- b) Ler no fotómetro de chama com o filtro de sódio, usando água destilada para acertar o zero e traçar a curva de calibração;
- c) Leitura de amostra ou uma porção diluída.

#### *Expressão dos resultados*

Os cálculos são efectuados partir da curva de calibração, quando as amostras forem diluídas multiplica-se pelo factor de diluição.

### **4.6. Tratamento estatístico dos resultados**

Para a análise das amostras das águas foram consideradas três réplicas. O tratamento estatístico foi realizado para os parâmetros as amostras de água feito no LNHA. E a discussão dos resultados obtidos teve-se em conta os seguintes parâmetros: pH, CE, cloretos, dureza total nitritos, nitratos, amoníaco e sódio.

#### **4.6.1 Precisão**

Precisão de um método é a concordância entre duas ou mais medições realizadas da mesma maneira, ou seja, indica o grau de concordância entre resultados individuais dentro de uma série de medidas. Os termos usados neste trabalho para descrever a precisão são o desvio padrão e o desvio padrão relativo dados pelas expressões 11 e 12 respectivamente.

*Desvio padrão:*

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (11)$$

*Desvio padrão relativo:*

$$\%RSD = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100 \quad (12)$$

onde:

n – número de réplicas

s– desvio padrão

$\bar{x}$ - média experimental

$X_i$  – valor individual experimental

%RSD – desvio padrão relativo percentual

#### **4.6.2. Intervalo de confiança ou limites confiança**

$$\bar{x} \pm ts/\sqrt{n} \quad (13)$$

onde:

n – número de réplicas

s – desvio padrão

$\bar{x}$ -média experimental

O valor de  $t$  pode ser encontrado em tabelas e depende de:

a) (n-1), o chamado graus de liberdade da amostra

b) O grau de confiança pretendido para a média (geralmente 95 ou 99%)

*Tabela 2: Resultados de pH para amostras de poços 1-6 no distrito de Chigubo*

Amostra	Réplicas			$\bar{x}$	s	% RSD	$\bar{x}\pm ts/\sqrt{n}$
P1	6.6	6.7	6.7	6.7	0.06	0.9%	6.7±0.1
P2	6.5	6.7	6.7	6.6	0.12	1.7%	6.6± 0.3
P3	6.6	6.6	6.6	6.6	0.00	0.0%	6.6±0.0
P4	6.6	6.6	6.6	6.6	0.00	0.0%	6.6±0.0
P5	6.8	6.8	6.7	6.8	0.06	0.9%	6.8±0.1
P6	6.6	6.6	6.6	6.6	0.00	0.0%	6.6±0.0

*Tabela 3: Resultados de pH para amostras de furos 0-6 no distrito de Chigubo.*

Amostra	Réplicas			$\bar{x}$	s	% RSD	$\bar{x}\pm ts/\sqrt{n}$
A0	7.0	7.2	7.4	7.2	0.2	2.8%	7.2±0.3
A1	7.4	7.4	7.4	7.4	0.0	0.0%	7.4±0.0
A2	7.9	7.9	7.9	7.9	0.0	0.0%	7.9± 0.0
A3	7.6	7.6	7.6	7.6	0.0	0.0%	7.6±0.0
A4	7.8	7.8	7.8	7.8	0.0	0.0%	7.8±0.0
A5	6.9	7.0	7.0	7.0	0.06	0.8%	7.0±0.1
A6	7.1	7.2	7.2	7.2	0.06	0.8%	7.2±0.1

*Tabela 4: Resultados de CE para amostras de poços 1-6 no distrito de Chigubo.*

Amostra	Réplicas			$\bar{x}$	s	% RSD	$\bar{x}\pm ts/\sqrt{n}$
P1	3.9	3.9	3.9	3.9	0.0	0.0%	3.9±0.0
P2	8.8	7.2	7.3	7.8	0.9	11.5%	7.8±2.2
P3	6.2	6.2	6.2	6.2	0.0	0.0%	6.2±0.0
P4	3.8	3.8	3.8	3.8	0.0	0.0%	3.8±0.0
P5	1.8	1.7	1.8	1.8	0.06	3.3%	1.8±0.1
P6	3.0	2.7	2.7	2.8	0.2	6.2%	2.8±0.5

*Tabela 5: Resultados de CE para amostras de furos 0-6 no distrito de Chigubo em mS/cm.*

Amostra	Réplicas			$\bar{x}$	s	% RSD	$\bar{x} \pm ts/\sqrt{n}$
A0	2.8	2.8	2.8	2.8	0.0	0.0%	2.8±0.0
A1	3.2	3.2	3.2	3.2	0.0	0.0%	3.2±0.0
A2	2.9	2.9	2.9	2.9	0.0	0.0%	2.9±0.0
A3	10.4	10.4	10.4	10.4	0.0	0.0%	10.4±0.0
A4	10.0	10.0	10.0	10.0	0.0	0.1%	10.05±0.0
A5	30.4	30.7	30.7	30.6	0.2	0.6%	30.6±0.4
A6	30.3	30.3	30.2	30.3	0.1	0.2%	30.3±0.1

*Tabela 6: Resultados de cloretos para amostras de poços 1-6 no distrito de Chigubo em mg/L*

Amostra	Réplicas			$\bar{x}$	s	% RSD	$\bar{x} \pm ts/\sqrt{n}$
P1	1595.3	1240.8	1249.8	1361.9	202.1	14.8%	1361.9±502.2
P2	2623.3	2410.6	2197.9	2410.6	212.7	8.8%	2410.6±528.6
P3	2375.2	1949.8	1948.4	2091.1	246.0	11.8%	2091.1±611.4
P4	1240.7	1063.5	1063.5	1122.6	102.3	9.1%	1122.6±253.5
P5	389.9	425.4	421.2	412.2	19.4	4.7%	412.2±3.36
P6	744.4	602.6	425.4	590.8	159.8	27.1%	590.8±397.1

*Tabela 7: Resultados de cloretos para amostras de furos 0-6 no distrito de Chigubo em mg/L*

Amostra	Réplicas			$\bar{x}$	s	% RSD	$\bar{x} \pm ts/\sqrt{n}$
A0	886.2	709.0	779.9	791.7	89.2	11.3%	791.7±221.7
A1	1063.5	1028.1	1028.1	1039.9	20.5	2.0%	1039.9±1.2
A2	974.8	957.2	992.6	974.9	17.7	1.8%	974.9±43.9
A3	3546.0	3545.0	3545.0	3545.0	0.6	0.0%	3545±0.0
A4	3332.3	3970.4	3722.2	3675.0	321.7	8.8%	3675.0±799.6
A5	3017.5	2729.6	2800.5	2849.2	150.0	5.3%	2849.2±372.8
A6	3722.3	3651.4	2517.0	3296.9	676.3	20.5%	3296.9±1680.9

Tabela 8: Resultados de dureza total para amostras de poços 1-6 no distrito de Chigubo em mg/L

Amostra	Réplicas			$\bar{x}$	s	% RSD	$\bar{x} \pm ts/\sqrt{n}$
P1	3343.2	2736.2	1791.0	2623.5	782.2	29.8%	2623.5±1944.1
P2	1467.5	1044.7	1393.0	1301.7	225.7	17.3%	1301.7±560.9
P3	7164.0	4875.5	2268.6	4769.4	2449.4	51.4%	4769.4±467.2
P4	995.0	975.1	477.6	815.9	293.1	35.9%	815.9±728.5
P5	636.6	676.6	238.8	517.3	242.0	46.8%	517.3±201.5
P6	1034.8	995.0	517.4	849.1	287.9	33.9%	849.1±715.5

Tabela 9: Resultados de dureza total para amostras de furos 0-6 no distrito de Chigubo em mg/L

Amostra	Réplicas			$\bar{x}$	s	% RSD	$\bar{x} \pm ts/\sqrt{n}$
A0	815.9	895.5	338.3	683.2	301.4	44.1%	683.2±749.1
A1	557.2	477.6	497.5	510.8	41.4	8.1%	510.8±102.9
A2	616.9	437.8	437.8	497.5	103.4	20.8%	497.5±257.0
A3	1373.1	935.3	955.2	1087.9	247.2	22.7%	1087.9±614.4
A4	935.3	895.5	1074.6	968.5	94.0	9.7%	968.5±233.6
A5	1910.4	736.3	696.5	1114.4	689.6	61.9%	1114.4±171.0
A6	1970.1	756.2	736.3	1154.2	706.7	61.2%	1154.2±1056.5

Tabela 10: Resultados de nitritos para amostras de poços 1-6 no distrito de Chigubo em mg/L

Amostra	Réplicas			$\bar{x}$	s	% RSD	$\bar{x} \pm ts/\sqrt{n}$
P1	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.0%	0.02±0.00
P2	0.10	0.10	0.10	0.1	0.00	0.0%	0.1±0.00
P3	0.06	0.06	0.06	0.061	0.00	2.5%	0.061±0.00
P4	0.04	0.04	0.04	0.04	0.00	0.0%	0.04±0.00
P5	0.07	0.07	0.07	0.07	0.00	0.0%	0.07±0.00
P6	0.04	0.04	0.04	0.04	0.00	0.0%	0.04±0.00

*Tabela 11: Resultados de nitritos para amostras de furos 0-6 no distrito de Chigubo em mg/L*

Amostra	Réplicas			$\bar{x}$	s	% RSD	$\bar{x}\pm ts/\sqrt{n}$
A0	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	2.9%	0.02±0.00
A1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0%	0.00±0.00
A2	0.11	0.11	0.11	0.11	0.00	0.0%	0.11±0.00
A3	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.0%	0.01±0.00
A4	0.09	0.09	0.09	0.09	0.00	0.0%	0.09±0.00
A5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0%	0.00±0.00
A6	0.14	0.14	0.14	0.14	0.0	0.0%	0.14±0.00

*Tabela 12: Resultados de nitratos para amostras de poços 1-6 no distrito de Chigubo em mg/L*

Amostra	Réplicas			$\bar{x}$	s	% RSD	$\bar{x}\pm ts/\sqrt{n}$
P1	0.35	0.38	0.38	0.37	0.02	4.7%	0.37±0.49
P2	0.16	0.16	0.16	0.16	0.00	0.0%	0.16±0.00
P3	14.1	14.1	14.1	14.1	0.00	0.0%	14.10±0.00
P4	21.30	21.20	21.02	21.17	0.14	0.7%	21.17±0.34
P5	17.04	16.9	16.85	16.93	0.10	0.6%	16.93±0.24
P6	2.71	2.71	2.67	2.70	0.02	0.9%	2.70±0.49

*Tabela 13: Resultados de nitratos para amostras de furos 0-6 no distrito de Chigubo em mg/L*

Amostra	Réplicas			$\bar{x}$	s	% RSD	$\bar{x} \pm ts/\sqrt{n}$
A0	26.90	26.90	26.90	26.90	0.00	0.0%	26.90±0.00
A1	23.80	23.70	23.70	23.73	0.06	0.2%	23.73±0.14
A2	23.30	23.30	23.14	23.25	0.09	0.4%	23.25±0.22
A3	17.40	17.40	17.40	17.40	0.00	0.0%	17.4±0.00
A4	12.11	12.09	12.09	12.10	0.01	0.1%	12.10±0.24
A5	11.28	11.28	11.28	11.28	0.00	0.0%	11.28±0.0
A6	12.38	12.38	12.38	12.38	0.00	0.0%	12.38±0.0

*Tabela 14: Resultados de amoníaco para amostras de poços 1-7 no distrito de Chigubo em mg/L*

Amostra	Réplicas			$\bar{x}$	s	% RSD	$\bar{x} \pm ts/\sqrt{n}$
P1	4.39	5.37	5.96	5.24	0.79	15.1%	5.24±1.96
P2	9.80	9.02	8.62	9.15	0.60	6.6%	9.15±1.49
P3	7.70	7.38	7.27	7.45	0.22	3.0%	7.45±0.54
P4	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0%	0.00±0.0
P5	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0%	0.00±0.0
P6	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0%	0.00±0.0

## CAPÍTULO V. DISCUSSÃO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

### 5.1. Descrição de pontos de amostragem

Para o controlo de qualidade de água para fins do consumo foram tomadas as normas do INNOQ que estabelece limites máximos e mínimos dos parâmetros de qualidade. Os parâmetros amónia, nitrito, nitrato e sódio foram determinados partir do método de curva de calibração que se encontra no anexo 3.

*Tabela 15: local e datas da recolha das amostras de água dos poços no distrito de Chigubo.*

Amostra	Local da recolha	Data da recolha
P1	Localidade de Ndlopfu	18-08-2015
P2	Localidade de Ndlopfu	18-08-2015
P3	Localidade de Ndlopfu	18-08-2015
P4	Localidade de Nhanale	19-08-2015
P5	Localidade de Nhanale	19-08-2015
P6	Localidade de Nhanale	19-08-2015

*Tabela 16: local e datas da recolha das amostras de água de furos no distrito de Chigubo.*

Amostra	Local da recolha	Data da recolha
A0	Vila de Dindiza	18-08-2015
A1	Localidade de Lheziane	14-09-2015
A2	Localidade de Ndlopfu	14-09-2015
A3	Localidade de Nhanale	14-09-2015
A4	Localidade de Nhanale	14-09-2015
A5	Localidade de Nhanale	14-09-2015
A6	Localidade de Nhanale	14-09-2015

## 5.2. pH

O valores de pH estão dentro do intervalo recomendado pelas normas INNOQ cujo grau de restrição varia de 6.5-8.5 (ver nas tabelas 1 e 2). A recta vermelha indica o valor máximo de pH, como mostram nas figuras 17 e 18.

Foram obtidos com uma precisão muito boa, com valores de %RSD variando de 0.0-1.7% e 0.8-2.8%, respectivamente para as amostras de todos os pontos.

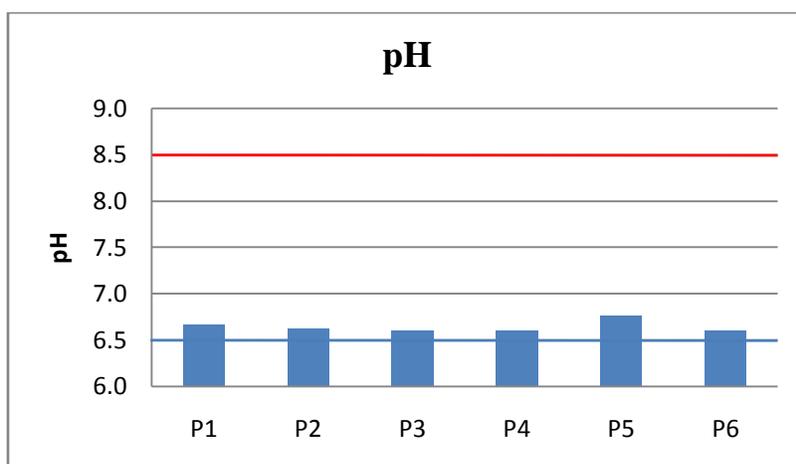


Figura 17: Diagrama ilustrativo de pH da água em diferentes pontos de amostragem de poços.

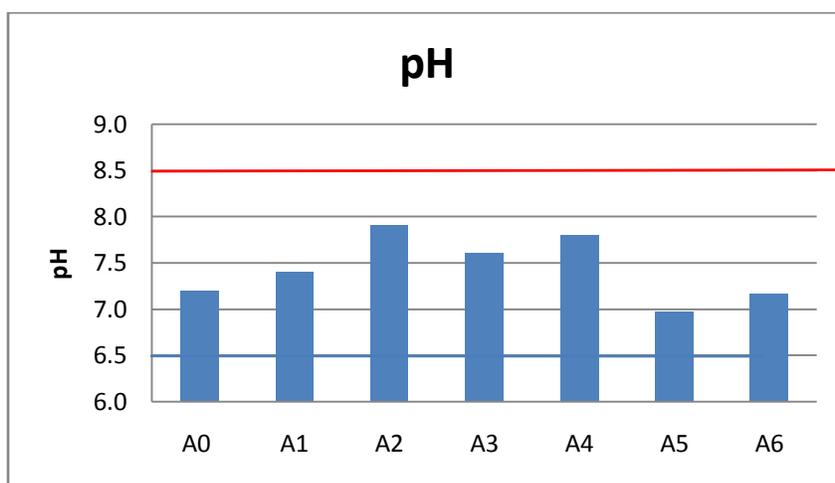


Figura 18: Diagrama ilustrativo de pH da água em diferentes pontos de amostra de furos.

### 5.3. CE

Nas figuras 19 e 20 são apresentados os valores de CE para poços e furos em estudo, estes valores estão muito acima do limite máximo recomendado pelas normas da INNOQ.

A precisão dos resultados das amostras é menos boa, variando de 0.00-11,5% de %RSD. Na agricultura a água com tais valores de CE pode provocar leves queimaduras nas folhas das culturas mais sensíveis aos sais, principalmente a altas temperaturas.

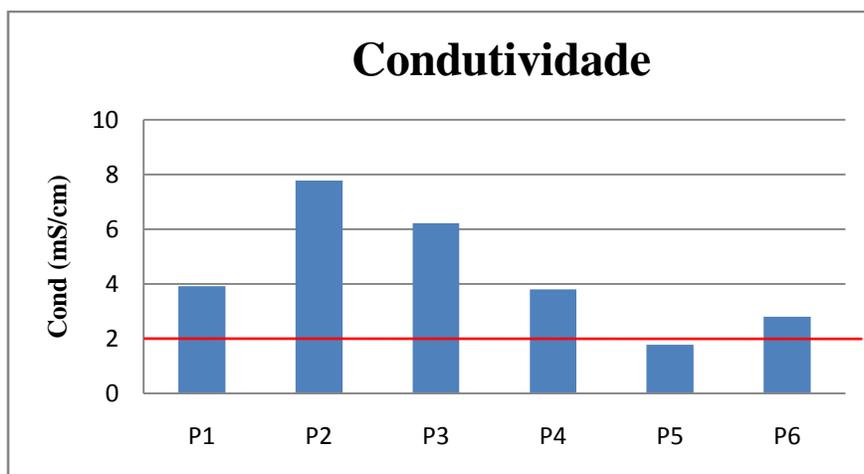


Figura 19: Diagrama ilustrativo de CE da água em diferentes pontos de amostragem para poços.

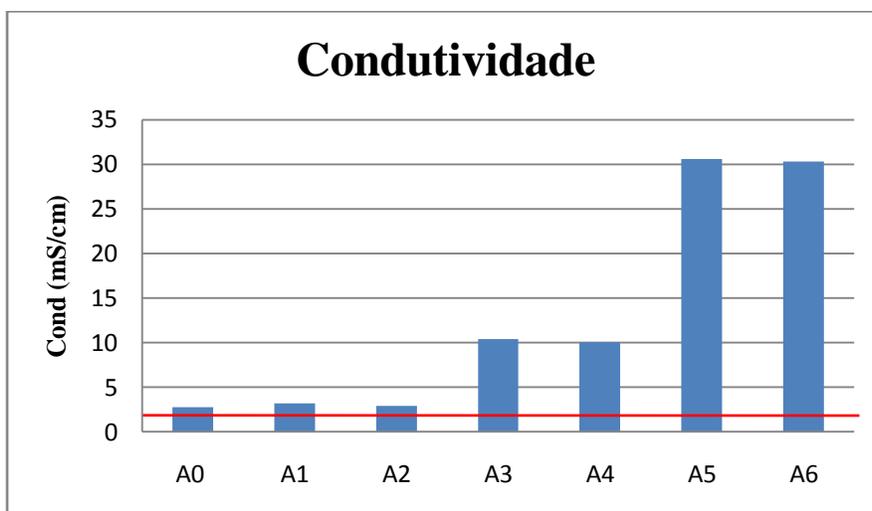


Figura 20: Diagrama ilustrativo de CE da água em diferentes pontos de amostragem para furos.

#### 5.4. Cloretos

Os cloretos foram determinados pelo método de Mohr, que usa como titulante a solução de  $\text{AgNO}_3$ . A precisão dos resultados é menos boa, com valores de %RSD variando de 4,7- 27.1% e 0.0-20,5% respectivamente para as amostras de todos os pontos. A figura mostra o comportamento do  $\text{Cl}^-$  e limite máximo recomendado pela norma do INNOQ (indicado com traço vermelho). A quantidade dos cloretos apresenta um valor que ultrapassa em quatro vezes o limite máximo admissível (figuras 21 e 22).

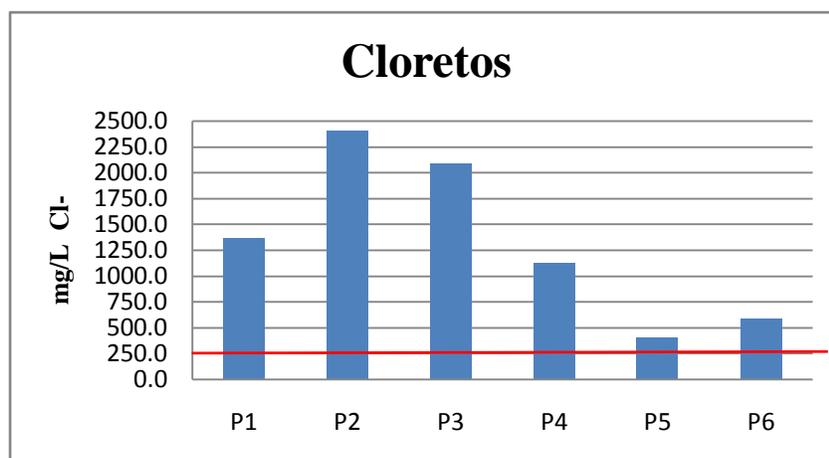


Figura 21: Diagrama de concentração de  $\text{Cl}^-$  em diferentes pontos de amostragem e os limites das normas do INNOQ para fins de consumo para poços.

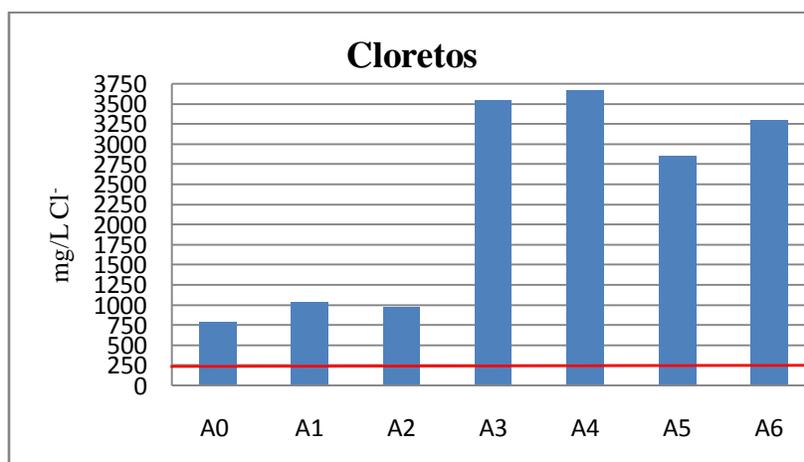


Figura 22: Diagrama de concentração de  $\text{Cl}^-$  em diferentes pontos de amostragem e os limites das normas do INNOQ para fins de consumo para furos.

### 5.5. Dureza

Como mostram as figuras 23 e 24 os valores de dureza também ultrapassam o valor admissível, a água é muito dura, conseqüentemente causa sabor desagradável, reduz a formação da espuma do sabão, aumentando o seu consumo, provoca incrustações nas tubulações e caldeiras. A precisão dos resultados é menos boa, com valores de %RSD variando de 17,3- 29.8% e 8.1-61.9% respectivamente para as amostras de todos os pontos.

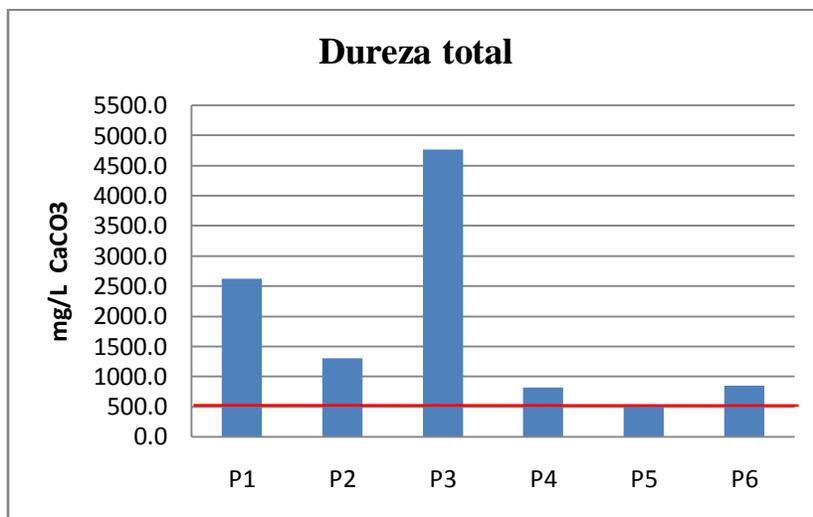


Figura 23: Diagrama de concentração de dureza em diferentes pontos de amostragem e os limites das normas do INOQ para fins do consumo para poços.

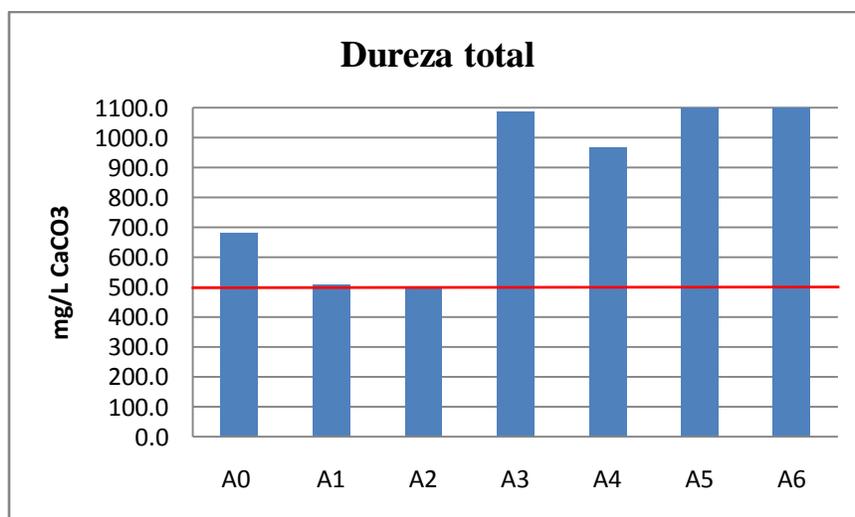


Figura 24: Diagrama de concentração de dureza em diferentes pontos de amostragem e os limites das normas da INOQ para fins do consumo para furos.

## 5.6. Nitritos

Os resultados de análise de nitrito estão abaixo do valor recomendado (Figuras 25 e 26).

A precisão dos resultados é muito boa, variando de 0.0- 2.5% de %RSD.

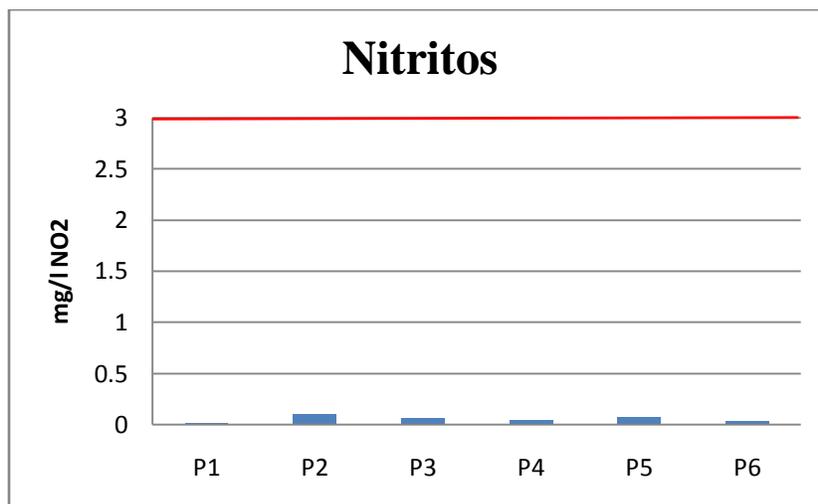


Figura 25: Diagrama de concentração de nitritos em diferentes pontos de amostragem e os limites das normas do INOQ para fins do consumo para poços.

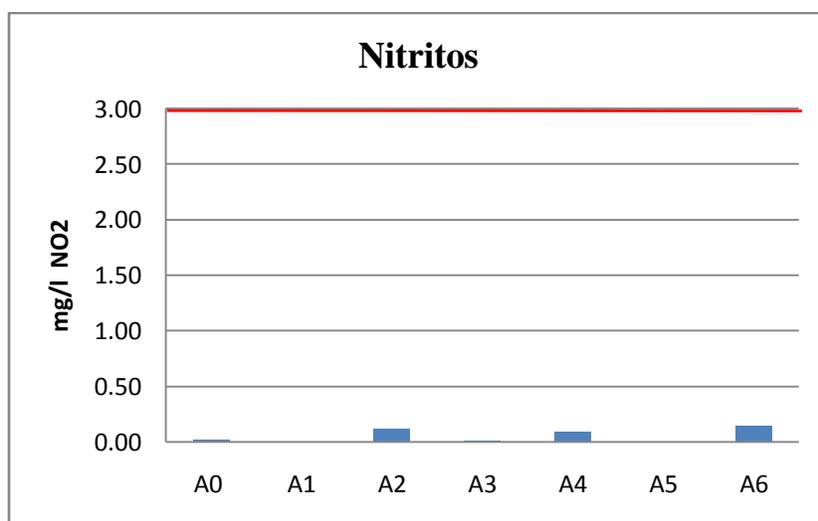


Figura 26: Diagrama de concentração de nitritos em diferentes pontos de amostragem e os limites das normas do INOQ para fins do consumo para furos.

### 5.7. Nitratos

Os resultados de análise de nitratos estão abaixo de valor recomendado (Figuras 27 e 28).

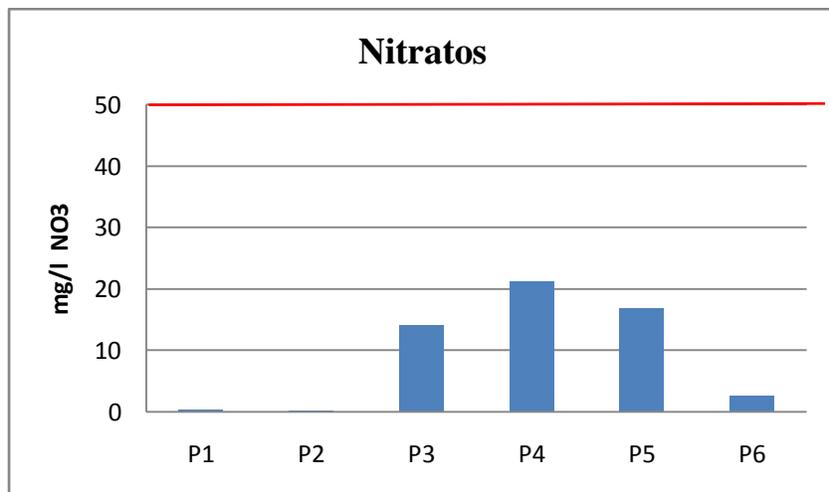


Figura 27: Diagrama de concentração de nitratos em diferentes pontos de amostragem e os limites das normas do INOQ para fins do consumo para poços

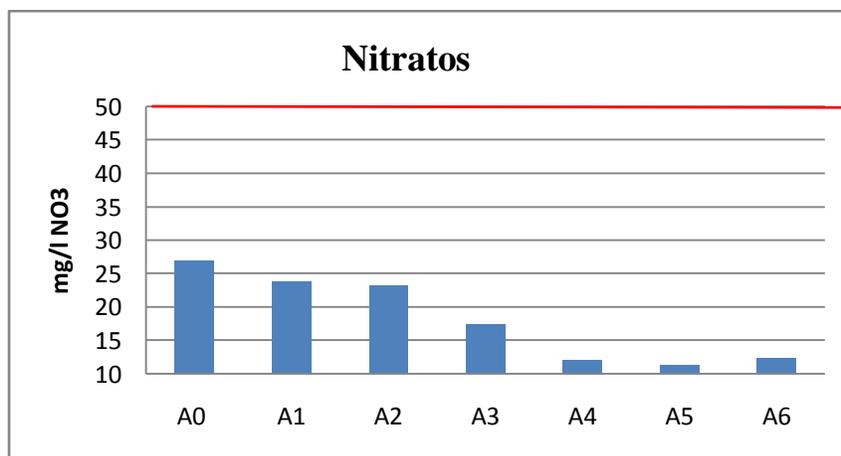
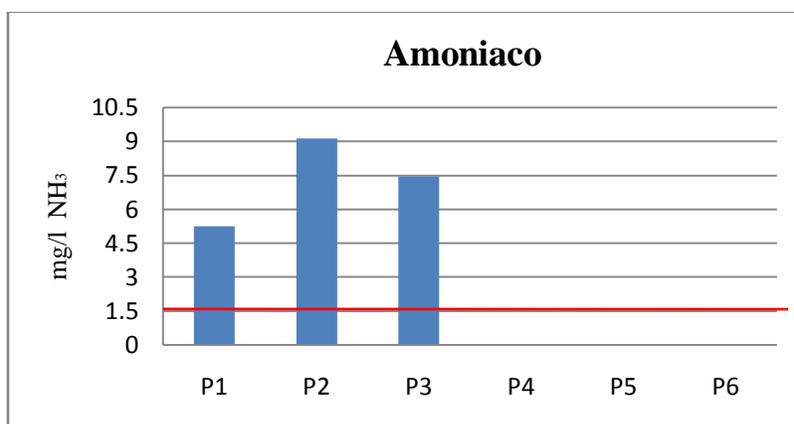


Figura 28: Diagrama de concentração de nitratos em diferentes pontos de amostragem e os limites das normas do INOQ para fins do consumo para furos.

## 5.8. Amoníaco

A amónia é uma substância que pode constituir um risco a saúde humana, sendo um componente nitrogenado que pode estar presente naturalmente em águas subterrâneas, como resultado da decomposição da matéria orgânica em estado avançado (RICHTER, 2009).

A precisão dos resultados das amostras é menos boa, com valores de %RSD variando de 0.00-15.1%, os resultados mostraram que em três pontos de amostragem na comunidade de Ndlopfu foram observados níveis altos de amónia que ultrapassam o valor permitido pelas normas. (Figura 29).



*Figura 29: Diagrama de concentração de amoníaco em diferentes pontos de amostragem e os limites das normas do INOQ para fins do consumo para furos.*

Concentrações elevadas de nitrogénio em forma de iões  $\text{NH}_4^+$  na água dos poços em estudo têm a sua origem a prática de agropecuária, uma vez que os animais ficam nas proximidades da fonte de água.

## 5.9. Sódio

A presença de sódio acima do limite recomendado é o principal responsável pelo aumento constante da salinidade das águas naturais do ponto de vista catiónico, como mostram as Figuras 30 e 31. As águas com concentrações elevadas de sódio são prejudiciais às plantas por reduzir a permeabilidade do solo.

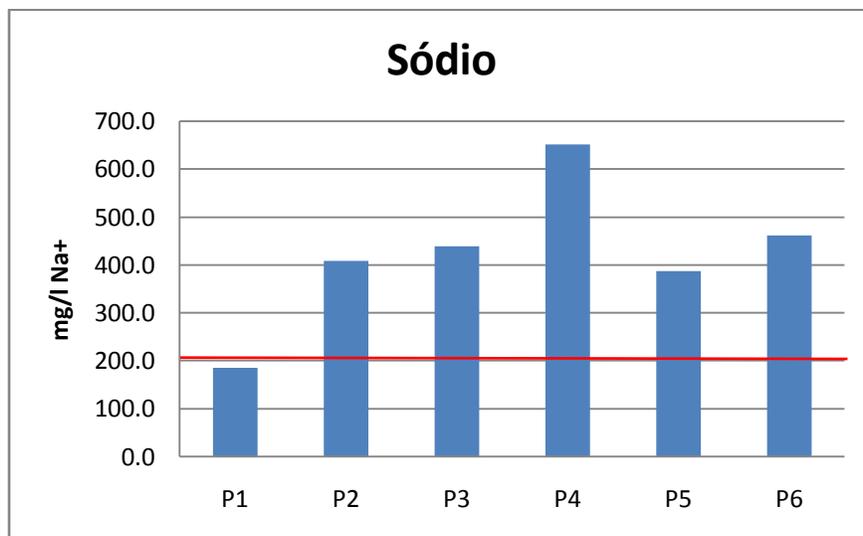


Figura 30: Diagrama de concentração de sódio em diferentes pontos de amostragem e os limites das normas do INOQ para fins do consumo para poços.

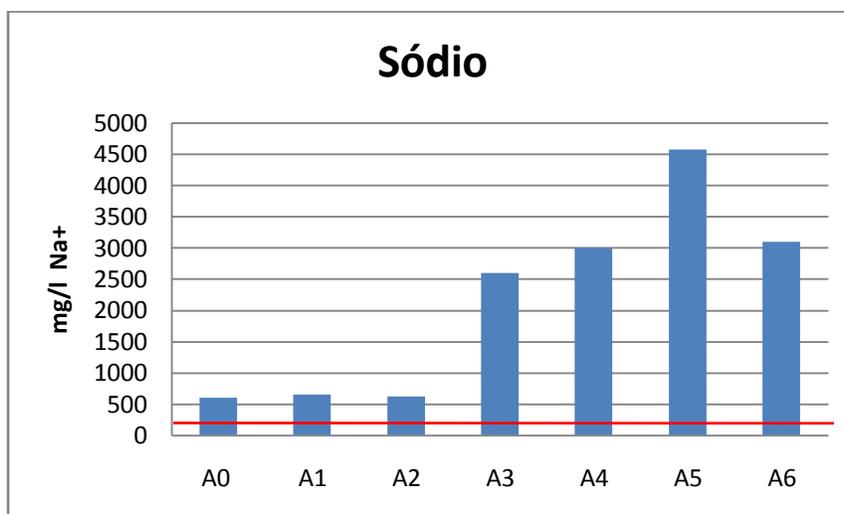


Figura 31: Diagrama de concentração de sódio em diferentes pontos de amostragem e os limites das normas do INOQ para fins do consumo para furos.

## CAPITULO VI. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1. Conclusões

Levando-se em consideração o objectivo principal do presente trabalho sobre estudo da qualidade de água de poços e furos no distrito de Chigubo na província de Gaza no que diz respeito á sua potabilidade para consumo humano, fez-se três mapas das regiões abrangidas onde fez-se a selecção de seis poços e sete furos em dependência de vias de acesso no local.

Cabe destacar que os resultados da realização das análises físico-químicas feitas no laboratório Nacional de Higiene de Águas e Alimentos das amostras recolhidas não foram satisfatórios naquilo que são as exigências da potabilidade de água para fins domésticos comparados com os padrões estabelecidos.

Em termos de água para fins domésticos, os resultados dos parâmetros estudados CE, Cl<sup>-</sup>, dureza total, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e Na<sup>+</sup> estão acima dos limites recomendados pelas normas do INOQ o que não confere a boa qualidade da água os parâmetros pH, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup> que estavam dentro dos limites aceitáveis pelas normas.

Os parâmetros como HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> e CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> analisados não foram encontrados valores limites das normas consultadas pelo que têm valor informativo.

Os cálculos estatísticos demonstram que a precisão dos resultados dos parâmetros pH, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e Na<sup>+</sup> nas amostras variou de muito boa a boa, com valores de %RSD entre 0.00 e 4.7% e para CE, Cl<sup>-</sup>, dureza total e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> a precisão foi menos boa.

Conclui-se que a água de furos e poços em estudo não é recomendada para fins domésticos devido aos níveis elevados de salinidade, dureza total e NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

### 6.2. Recomendações

- ∞ Recomenda-se fazer estudo para avaliação da possibilidade de implementação de sistemas de dessalinização da água.
- ∞ Recomenda-se também a implantação de sistemas de abastecimento de água potável às comunidades locais.
- ∞ Recomenda-se fazer os mesmos estudos em outras regiões com carência de água potável.

## Referências Bibliográficas

ABOO, V. C. (2013). *Consumo de Águas Minerais Naturais e de Nascente - Causas e Impacte para o Meio Ambiente: Estudo de Caso da Cidade de Nampula*, Mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente, Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. pp 17, 20.

BASTOS, M. L. (2013). *Caracterização da qualidade da água subterrânea – estudo de caso no município de cruz das almas*. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, URFB, Brasil, pp 8, 15.

BOANA, F. M. (2011). *Estudo da Qualidade da Água dos rios Umbelúzi e Incomáti para fins de Consumo Doméstico e de Irrigação*, Trabalho de Licenciatura, Departamento de química, UEM, Maputo. pp 18- 44.

BOSCARDIN, N. e BORGHETTI, J. R. “O Aquífero Guarani”. Disponível em: [www.oaquiferoguarani.com.br](http://www.oaquiferoguarani.com.br) acesso ao 27 de Setembro de 2015.

CAPUCCI et al (2001). *Poços Tubulares e outras Captações de Aguas Subterrâneas*. Projeto planágua semads de cooperação técnica brasil – Alemanha. Departamento de recursos minerais - DRM. p 9-10

COSTA, M. (1987). *Métodos de Análise de Água*. Editor Ministério da Saúde, LNHA. p A01, A02, B02, B03, B04, B12, C05, C06, C09, C10, C13, C16, C17 e C20.

CHIBANTÃO, G. V (2012). *Controlo da Qualidade da Água do rio Infulene para fins de Irrigação*, Trabalho de Licenciatura, Departamento de química, UEM, Maputo. pp 31- 52.

FERNANDES, A. M. (2011). *Diagnóstico da Qualidade da Agua Subterrânea em Propriedade Rural no Município de Planalto*. Monografia apresentação do Curso, Departamento de

Humanidades e Educação, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. pp 13. Fundação Nacional de Saúde (2009), *Manual prático de análise de água*. 3ª ed. Brasil, pp53-55.

GONÇALVES, M. L. S. S. (2001). *Métodos Instrumentais para Análise de Soluções*, Análise Quantitativa, Fundação Calouste Gulbenkian, 4a Edição, Lisboa. p. 96-157.

Google Maps. (2015). Acedido em 18 de outubro de 2015, em:

<https://www.google.co.mz/maps/@-25.8962586,32.6106835,12z?hl=pt-PT>.

LUCINDA, A. (2013). *Land Care in Desertification affected Area*, Science toward Application. Pp.1-4

MAE - Ministério da Administração Estatal (2005). *Perfil do distrito de Chigubo província de Gaza*, p 2-4.

MACEDO , A.; BRANCO, Z. C. (2001) *Água – tratamento e qualidade*, USID, Rio de Janeiro, 465 p.

INGRH - Manual da Qualidade de Água (1997), 1ª Edição, Cabo Verde. p.165

MISAU- Ministério da Saúde (2004). *Regulamento sobre a Qualidade de Água para o Consumo Humano*, Unicef, Moçambique, pp 26-31.

MOTA, M. (2007). *Introdução aos processos de separação por membrana*. Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, 25p.

OKUMURA, F., CAVALHEIRO, É. T. G., NÓBREGA, J. A. (2004). *Experimentos Simples Usando Fotometria de Chama para Ensino de Princípios de Espectrometria Atômica em Cursos de Química Analítica*, **Quim. Nova**, Vol. 27, No. 5. 832-836.

RAMOS, A. H. (2009) *Viabilidade da substituição da água dos furos pela água dessalinizada através da osmose inversa no colonato do tarrafal de Santiago*. Departamento de ciência e tecnologia, Universidade de Cabo Verde, 72p.

RICHTER, C. A. (2009). *Água: métodos e tecnologia de tratamento*. Editora Blucher/Hemfibra. São Paulo - SP. 340 p.

ROSC- Forum da Sociedade Civil para os Direitos da Criança (2013). *O Direito á Água e ao Saneamento como um Pilar Chave para o Desenvolvimento Humano*, Moçambique, p 2-6.

SILVA, E. C. (2008). *Análise Química Instrumental*. Química Analítica III. Universidade federal da Paraíba – ufpb, Centro de Ciências Exactas e da Natureza - CCEN, Departamento de Química – DQ. p. 92,142.

SOUZA, L. F (2006). *Dessalinização como fonte alternativa de água potável*, Universidade Federal do Paraíba, Paraíba, Brasil, 14p.

VOGEL, A. I. (1992). *Análise Química Quantitativa*, 5ª Edição, Editora Guanabara Koogan S.A, RJ. p. 629-649.

# ANEXOS

**Anexo1: Resultados da análise de água dos poços e furos medidos no local de estudo.**

Foram feitas as análises de poços apenas na localidade de Nglopfu, que consistiu na medição dos parâmetros citados na Tabela 3. A distância entre o poço 1 e 2 foram de 10m e o poço 3 distanciava 100m do poço 2 na localidade de Nglopfu.

*Tabela A1.1: Resultados da análise de água dos poços na localidade de Nglopfu usando aparelhos portáteis.*

Parâmetro Analítico	Resultados			Limite admissível		Unidades
	P1	P2	P3	Min	Max	
pH	6,2	6,3	6,2	6,5	8,5	-
Condutividade	4,7	4,5	3,2	0,05	2,0	mS/cm
Deposito	Presente	Presente	Presente	-	Ausente	-
Cor	Corado	Corado	Incolor	-	Incolor	-
Turvação	21,0	71,7	2,34	-	5,0	NTU
Temperatura	25	25	25	-	-	°C

*Tabela A1.2: Resultados da análise de água do furo na localidade de Lheziane usando aparelhos portáteis*

Parâmetro Analítico	Resultados	Limite admissível		Unidades
		Min	Max	
pH	7,35	6,5	8,5	-
Condutividade	4,07	0,05	2,0	mS/cm
Deposito	Ausente	-	Ausente	-
Cor	Incolor	-	Incolor	-
Turvação	< 5	-	5,0	NTU
Temperatura	26,9	-	-	°C

*Profundidade do furo 150m*

*14-09-2015*

*12h08*

*Tabela A1.3: Resultados da análise de água do furo na localidade de Nglopfu usando aparelhos portáteis*

Parâmetro Analítico	Resultados	Limite admissível		Unidades
		Min	Max	
pH	7,38	6,5	8,5	-
Condutividade	3,35	0,05	2,0	mS/cm
Deposito	Ausente	-	Ausente	-
Cor	Incolor	-	Incolor	-
Turvação	3,02	-	5,0	NTU
Temperatura	26,7	-	-	°C

*Profundidade do furo 150m*

*14-09-2015*

*9h42*

*Tabela A1.4: Resultados da análise de água dos furos na localidade de Nhanale usando aparelhos portáteis*

Parâmetro Analítico	Resultados				Limite admissível		Unidades
	A3	A4	A5	A6	Min	Max	
pH	7,57	7,49	7,58	7,6	6,5	8,5	-
Condutividade	27,3	27,2	100,2	101,2	0,05	2	mS/cm
Depósitos	Presente	Presente	Presente	Ausente	-	Ausente	-
Cor	Incolor	Incolor	Incolor	Incolor	-	Incolor	-
Turvação	6,77	8,68	1,77	3,32	-	5,0	NTU
Temperatura	26,7	26,8	27,2	26,8	-	-	°C

Descrição do furo: Apresenta uma profundidade de 150m, as amostras foram colhidas a vários níveis de profundidade ex: aos 30, 40 e 50m.

**Anexo 2: Resultados da análise de água dos poços e furos medidos no laboratório (LNHAA).**

*Tabela A2.5: Resultados da análise de água dos poços na localidade de Nglopfu.*

Parâmetro	Método	Resultados			Limite admissível		Unidades
		P1	P2	P3	Min	Max	
pH	Potenciométrico	6.7	6.6	6.6	6,5	8,5	-
Condutividade	Condutimétrico	3.90	7.76	6.20	0,05	2	mS/cm
Turvação	Turbidimétrico	<5	280	130	-	5	NTU
Cloretos	Volumétrico	1361.9	2410.6	2091.1	-	250	mg/l Cl <sup>-</sup>
Dureza total	Volumétrico	2623.4	1301.7	4769.3	-	500	mg/l CaCO <sub>3</sub>
Bicarbonato	Volumétrico	0.0	0.0	0.0	-	-	mg/l HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Carbonatos	Volumétrico	0.0	0.0	0.0	-	-	mg/l CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
Nitratos	Absorção Molecular	0.37	0.16	14.1	-	53,9	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Nitrito	Absorção Molecular	0.02	0.1	0.06	-	0,14	mg/l NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
Amoníaco	Absorção Molecular	5.24	9.14	7.45	-	1.5	mg/l NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Sódio	Espect. De chama	186.0	408.2	439.0	-	200	mg/l Na <sup>+</sup>

Tabela A2.6: Resultados da análise de água do furo na localidade de Nglopfu

Parâmetro	Método	Resultados	Limite admissível		Unidades
			Min	Max	
		A3			
pH	Potenciométrico	7,6	6,5	8,5	
Condutividade	Condutimétrico	10,4	0,05	2	mS/cm
Turvação	Turbidimétrico	6,5	-	5	NTU
Cloretos	Volumétrico	3545	-	250	mg/l Cl <sup>-</sup>
Dureza total	Volumétrico	1373,1	-	500	mg/l CaCO <sub>3</sub>
Bicarbonato	Volumétrico	0.0	-	-	mg/l HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
carbonatos	Volumétrico	0.0	-	-	mg/l CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
Nitratos	Absorção Molecular	17.4	-	53,9	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Nitrito	Absorção Molecular	0.01	-	0,14	mg/l NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
Amoníaco	Absorção Molecular	-	-	1.5	mg/l NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Sódio	Espect. De chama	2595	-	200	mg/l Na <sup>+</sup>

Tabela A2.7: Resultados da análise de água dos poços na localidade de Nhanale

Parâmetro	Método	Resultados			Limite admissível		Unidades
		P4	P5	P6	Min	Max	
pH	Potenciométrico	6.6	6.7	6.6	6,5	8,5	-
Condutividade	Condutimétrico	3.80	1.80	2.70	0,05	2	mS/cm
Turvação	Turbidimétrico	190	125	475	-	5	NTU
Cloretos	Volumétrico	1122.5	412.1	590.8	-	250	mg/l Cl <sup>-</sup>
Dureza total	Volumétrico	815.9	517.4	849.06	-	500	mg/l CaCO <sub>3</sub>
Bicarbonato	Volumétrico	0.0	0.0	0.0	-	-	mg/l HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Carbonatos	Volumétrico	0.0	0.0	0.0	-	-	mg/l CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
Nitratos	Absorção Molecular	21.02	16.93	2.71	-	53,9	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Nitrito	Absorção Molecular	0.04	0.07	0.03	-	0,14	mg/l NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
Amoníaco	Absorção Molecular	0.0	0.0	0.0	-	1.5	mg/l NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Sódio	Espect. De chama	651.0	387.1	461.0	-	200	mg/l Na <sup>+</sup>

Tabela A2. 8: Resultados da análise de água dos furos na localidade de Nhanale

Parâmetro	Método	Resultados				Limite admissível		Unidades
		A3	A4	A5	A6	Min	Max	
pH	Potenciométrico	7.6	7.8	7.0	7.2	6,5	8,5	
Condutividade	Conduítmétrico	10.40	10.05	30.70	30.30	0,05	2	mS/cm
Turvação	Turbidimétrico	6.5	< 5	< 5	< 5	-	5	NTU
Cloretos	Volumétrico	3545.3	3674.9	2849.2	3296.8	-	250	mg/l Cl <sup>-</sup>
Dureza total	Volumétrico	1087.8	968.4	1114.4	1154.4	-	500	mg/l CaCO <sub>3</sub>
Bicarbonato	Volumétrico	0.0	0.0	0.0	249.9	-	-	mg/l HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Carbonatos	Volumétrico	0.0	0.0	0.0	20.0	-	-	mg/l CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
Nitratos	Absorção Molecular	17.40	12.09	11.25	12.38	-	53,9	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Nitrito	Absorção Molecular	0.01	0.09	0.00	0.14	-	0,14	mg/l NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
Amoníaco	Absorção Molecular	-	-	-	-	-	1.5	mg/l NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Sódio	Espect. De chama	2595	2990	4575	3095	-	200	mg/l Na <sup>+</sup>

Tabela A2.9: Resultados da análise de água dos furos na localidade de Lheziane e Ndunguza.

Parâmetro	Método	Resultados		Limite admissível		Unidades
		A1	A7	Min	Max	
pH	Potenciométrico	7.4	7.5	6.5	8.5	
Condutividade	Conduítmétrico	3.24	5.05	0,05	2	mS/cm
Turvação	Turbidimétrico	<5	<5	-	5	NTU
Cloretos	Volumétrico	1039.8	1784.3	-	250	mg/l Cl <sup>-</sup>
Dureza total	Volumétrico	510.7	696.5	-	500	mg/l CaCO <sub>3</sub>
Bicarbonato	Volumétrico	0.0	0.0	-	-	mg/l HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
carbonatos	Volumétrico	0.0	0.0	-	-	mg/l CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
Nitratos	Absorção Molecular	23.70	25.04	-	53,9	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Nitrito	Absorção Molecular	0.0	0.0	-	0.14	mg/l NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
Amoníaco	Absorção Molecular	-	-	-	1.5	mg/l NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Sódio	Espect. De chama	651.0	-	-	200	mg/l Na <sup>+</sup>

Tabela A2.10: Resultados da análise de água do furo de vila Dindiza

Parâmetro	Método	Resultados	Limite admissível		Unidades
			Min	Max	
		A0	Min	Max	
pH	Potenciométrico	7,2	6,5	8,5	-
Condutividade	Condutimétrico	2.82	0,05	2	mS/cm
Turvação	Turbidimétrico	<5	-	5	NTU
Cloretos	Volumétrico	791.7	-	250	mg/l Cl <sup>-</sup>
Dureza total	Volumétrico	683.2	-	500	mg/l CaCO <sub>3</sub>
Bicarbonato	Volumétrico	246.2	-	-	mg/l HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
carbonatos	Volumétrico	17.7	-	-	mg/l CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
Nitratos	Absorção Molecular	26.9	-	53,9	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Nitrito	Absorção Molecular	0.02	-	0,14	mg/l NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
Amoníaco	Absorção Molecular	0.0	-	1.5	mg/l NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Sódio	Espect. De chama	598.5	-	200	mg/l Na <sup>+</sup>

### Anexo3: Preparação de solução padrão e curvas de calibração de $\text{NO}_3^-$ , $\text{NO}_2^-$ , $\text{NH}_3$ e $\text{Na}^+$ padrões.

#### *Solução padrão de nitrato*

Pesa-se 1.631 g de nitrato de potássio (seco na estufa durante 24 h á temperatura de 105°C e dissolve-se em 1000 ml de isenta de nitratos.

Na preparação da curva de calibração medimos 0,0; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; e 5,0 ml da solução padrão de nitratos para balões aferidos e diluir até 100ml com água destilada. Tendo as seguintes concentração 0,5, 10, 20, 30, 40, e 50 mg/l e ler estas soluções a 220nm e traçar a curva absorvância /concentrações.

*Tabela A3.11: Valores dos volumes, concentrações e absorvâncias para a curva de calibração de nitrato.*

Padrões	Volume (ml)	Conc. (mg/l)	Abs
Branco	0	0	0
Balão 1	0.5	5	0.3
Balão 2	1.0	10	0.6
Balão 3	2.0	20	1.146
Balão 4	3.0	30	1.754
Balão 5	4.0	40	2.132
Balão 6	5.0	50	2.47

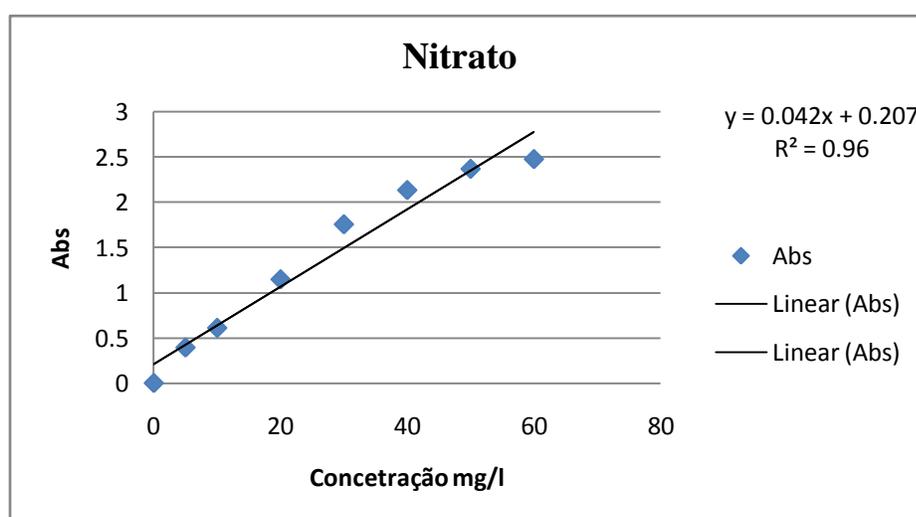


Fig.A3.1 Curva de calibração de nitrato

### ***Solução padrão de nitrito***

Dissolvem-se 0,2250 de nitrito de sódio anidro em água destilada isenta de nitrito e dilui-se até 1000 ml.

*Tabela A3.12: Valores dos volumes, concentrações e absorvâncias para a curva de calibração de nitrito*

Padrões	Volume (ml)	Conc. (mg/l)	Abs.
Branco	0	0	0
Balão 1	1.0	0.03	0.017
Balão 2	2.0	0.06	0.039
Balão 3	3.0	0.09	0.064
Balão 4	4.0	0.12	0.084
Balão 5	5.0	0.15	0.097

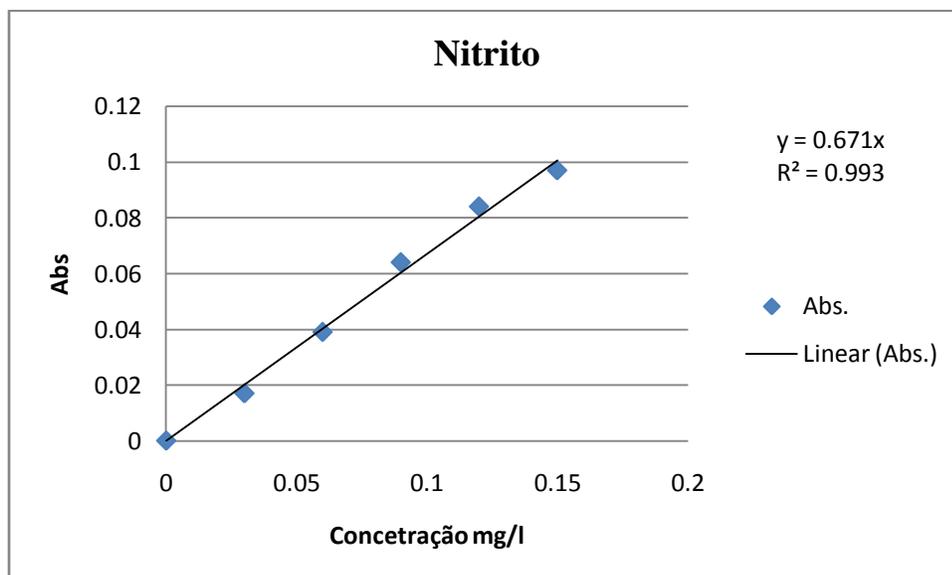


Fig. A3.2. Curva de calibração de nitrito

**Solução padrão Amoníaco (1000 mg/l em  $NH_4^+$ )**

Dissolvem-se 2,9655g de cloreto de amónio ( $NH_4Cl$ ), seco a  $100^\circ C$  em água destilada e preenche-se até 1000 ml.

*Tabela A3.13: Valores dos volumes, concentrações e absorvâncias para a curva de calibração de amoníaco.*

Padrões	Volume (ml)	Conc. (mg/l)	Abs.
Branco	0	0	0
Balão 1	1.0	0.2	0.029
Balão 2	2.0	0.4	0.0506
Balão 3	3.0	0.6	0.0793
Balão 4	4.0	0.8	0.111
Balão 5	5.0	1.0	0.135

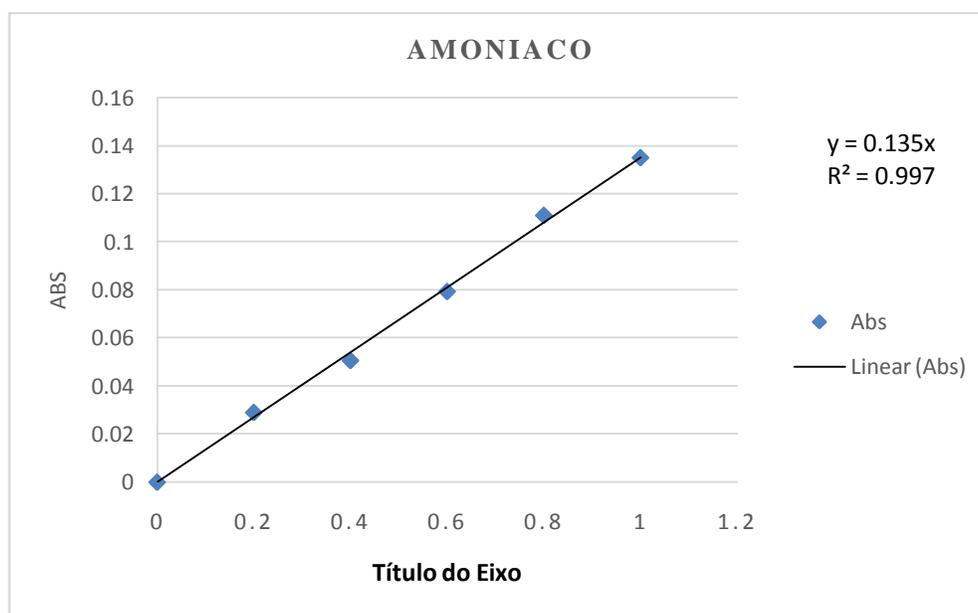


Fig.3.3 Curva de calibração de amoníaco

**Solução de Na 20000mg/l**

Dissolveu-se 2.54g de NaCl na água destilada, preencheu-se o volume de 50ml com água destilada.

Tabela A3. 14: Valores das concentrações e absorvâncias para a curva de calibração de sódio.

Soluções	Conc.(mg/L)	Abs.
Branco	0	0
Padrão1	10	22
Padrão2	20	36
Padrão3	40	56
Padrão4	60	73
Padrão5	80	86
Padrão6	100	100

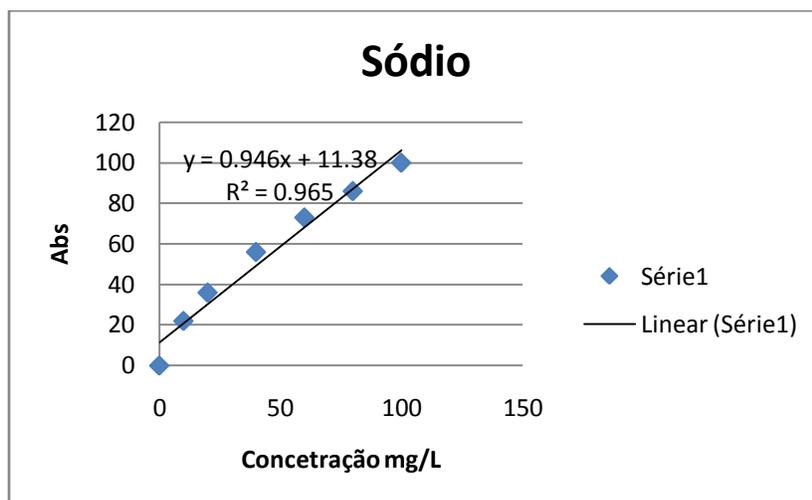


Fig. A3.4 Curva de calibração de sódio.

Tabela A3.15: Valores das concentrações e absorvâncias para a curva de calibração de sódio.

Amostra	Diluição	Abs	Amostra	Diluição	Abs
p1	10/100	68	A0	10/100	29
p2	10/100	50	A1	10/100	72
p3	10/100	73	A2	10/100	70
p4	10/100	53	A3	5/100	64
p5	10/100	48	A4	2/100	68
p6	10/100	55	A5	3/100	98
			A6	2/100	70