



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

**Monografia Científica**

**Avaliação hidrodinâmica e de qualidade de água nos furos do FIPAG no  
subsistema de bairro 11 na cidade de Xai-Xai**

Monografia Científica apresentada e defendida para obtenção de grau de Licenciatura em Engenharia  
Hidráulica Agrícola e Água Rural

**Autor:** Abílio Naftal Monjane

**Tutor:** Mário Tauzene Afonso Matangue

Lionde, Outubro de 2017



## **INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA**

Monografia Científica sobre “Avaliação hidrodinâmica e de qualidade de água nos furos do fundo de investimento e património do abastecimento de água (FIPAG) no subsistema de bairro 11 na Cidade de Xai-Xai”, apresentado ao Curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural na Divisão de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para a obtenção de nível de Licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural, em forma de Monografia Científica.

**Autor:** Abílio Naftal Monjane

**Tutor:** Mário Tauzene Afonso Matangue

Lionde, Outubro de 2017

## ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	iii
RESUMO.....	vii
I. INTRODUÇÃO.....	1
1.1.Hipóteses.....	2
1.2.Problematização.....	2
1.3.Justificativa.....	3
1.4.Objectivos:.....	3
1.4.1.Geral.....	3
1.4.2.Específicos.....	3
II. REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	4
2.1.Cartografia.....	4
2.1.1.Mapeamento e tipos de mapas.....	4
2.2.Hidrodinâmica.....	5
2.2.1.Lei de Continuidade.....	6
2.2.2.Lei de conservação de Energia.....	6
2.2.3.Lei de conservação de massas.....	7
2.3.Aquíferos.....	8
2.3.1.Tipos de aquíferos.....	9
2.3.2.Factores que podem tornar os aquíferos vulneráveis.....	10
2.4.Distâncias mínimas para construção de furo.....	10
2.4.1.Raio dos cones de influência dos furos.....	12
2.5.Características hidráulicas das águas subterrâneas.....	13
2.5.1.O fluxo de água no subsolo.....	14
2.5.2.Principais factores que intervêm na quantidade e qualidade das águas subterrâneas ..	14
2.5.3.Superexploração.....	15
2.6.Precipitação.....	15
2.6.1.Reabastecimento do aquífero ou recarga.....	15
2.6.2.Formas de recarga de aquíferos.....	16
2.6.2.1.Recarga natural.....	16
2.6.2.2.Recarga artificial.....	16
2.6.3.Estimativas de recarga em aquíferos.....	18
2.7.Qualidade das Águas Subterrâneas.....	19

2.7.1.Poluição das águas subterrâneas.....	19
2.7.2.Poluição das águas subterrâneas pelo esgoto humano e outras actividades antrópicas	20
2.7.3.Composição do esgoto humano.....	20
2.7.4.Mobilidade dos óleos e graxas.....	22
2.7.5.Resíduos sólidos.....	22
III. METODOLOGIA.....	24
3.1.Área de estudo.....	24
3.1.1.Localização geográfica do FIPAG Xai-Xai.....	24
3.1.2.Caracterização climática do distrito de Xai-Xai.....	25
3.1.3.Relevo e Solos.....	26
3.1.4.Hidrogeologia.....	26
3.2.Mapeamento da área de estudo.....	27
3.3.Recolha de dados no terreno.....	27
3.3.1.Medição dos níveis estáticos e dinâmicos da bomba.....	27
3.3.2.Aplicação do método WTF (Flutuação do Nível de água) na medição de níveis dos furos.....	29
3.3.3.Recolha de amostras de água.....	31
3.3.3.1.Amostragem.....	31
3.3.3.2.Procedimentos de coleta de amostras.....	31
3.3.3.3.Análise laboratorial da água.....	32
IV. RESULTADOS.....	34
4.1.Superfície potenciométrica da área de estudo.....	34
4.2.Raio do cone de influência dos furos.....	36
4.3. Comparação da taxa de recarga do aquífero com os dados pluviométricos.....	37
4.5.Qualidade de água.....	38
V.DISSCUSSÃO.....	41
VI. CONCLUSÃO.....	46
VII. RECOMENDACÕES.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
ANEXOS.....	52
APÊNDICES.....	68

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1: Frequência de leituras do nível de água.....	285
Tabela 3.2: Principais características hidrodinâmicas dos furos do subsistema de B11.....	26
Tabela 3.3: Principais parâmetros analisados na qualidade de água dos furos.....	33
Tabela 4.1: Cotas das superfícies potenciométricas nos diferentes meses.....	33
Tabela 4.2: Raios de influência e as principais distâncias dos furos activos no subsistema de B11.....	34
Tabela 6: Valores sobre rendimentos específicos (Sy).....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Aquífero Livre e Aquífero Confinado.....	9
Figura 2.2: Esquema do efeito de interferência entre poços.....	12
Figura 2.3: Potenciais Fontes de Contaminação das Águas Subterrâneas.....	21
Figura 3.1: Mapa de localização da área de estudo (Cidade de Xai-Xai).....	24
Figura 3.2: Imagem aérea ilustrando o local do estudo, zona alta cidade Xai-Xai .....	25
Figura 3.3: Mapas com dados hidrogeológicos.....	26
Figura 3.3: Medição de níveis hidrodinâmicos no furo com recurso a sonda eléctrica de 100m, marca BFK100.....	28
Figura 3.4: As figuras ilustram o processo de coleta de amostras de água no furo de água, os recipientes usados e o calmane com as amostras.....	32
Figura 4.1: Mapa de localização dos furos do subsistema de bairro 11, com indicação de focos de poluição.....	34
Figura 4.2: Mapa da superfície potenciométrica e tendência de direção de fluxo subterrâneo no subsistema de B11, Cidade de Xai-Xai.....	35
Figura 4.3: Esquema de furos sem influência.....	36
Figura 4.4: Níveis precipitados e recarregados na cidade de Xai-Xai no período monitorado.....	37
Figura 4.5: Variação de temporal dos valores de pH, Condutividade, Nitratos e Nitritos.....	38
Figura 4.6: Variação de temporal dos valores de Cloretos, Dureza Total, Sulfatos e DBO.....	39
Figura 4.7: Variação de temporal dos valores de Fosfato Total, Óleos e Gorduras, E. Coli e Coliformes fecais.....	40
Figura 1: Representação esquemática do subsistema do bairro 11 .....	52
Figura 2: Furo de água proximo a uma oficina mecânica e despejo inadequado óleos na oficina. ....	687
Figura 3: Resíduos sólidos e águas turvas estagnadas nas proximidades do furo .....	67
Figura 4: Modelo de latrinas existentes na área de estudo e fossa séptica não impermeabilizada. ....	68

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

DBO - Demanda bioquímica de oxigênio

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral

FIPAG – Fundo de Investimento e Patrimônio do Abastecimento de Água

INE – Instituto Nacional de Estatística

INAM - Instituto Nacional de Meteorologia

LMA - Limite máximo admissível

LMA\* - Limite mínimo admissível

LNHAA - Laboratório Nacional de Higiene de Águas e Alimentos

MISAU – Ministério da Saúde

NA - Nível da Água

ND – Nível Dinâmico

NE – Nível estático

OMS – Organização Mundial da Saúde

pH - Potencial Hidrogeniônico

Quantum GIS - *Quantum Geographic Information System*

SP - Superfície potenciométrica

UFC – Unidades formadoras de colônias

VMP - Valor máximo permitido

WTF - *Water Table Fluctuation*



## **INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA**

### **DECLARAÇÃO**

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

Lionde, Outubro de 2017

(Abílio Naftal Monjane)

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos meus pais, Naftal Monjane e Olinda Bila, que não mediram esforços para proporcionar aos filhos a melhor formação pessoal e profissional. Meu reconhecimento e gratidão pela paciência, compreensão e apoio constantes.*

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais Naftal Monjane e Olinda Bila, as minhas irmãs Paineta Monjane e Carla Monjane por todo incentivo durante minha graduação e minha vida.

Ao tutor Mário Tauzene Afonso Matangue pela orientação, dedicação e paciência ao longo deste trabalho.

À FIPAG Xai-Xai por ter cedido espaço e material para o desenvolvimento da pesquisa científica, a colaboração dos técnicos, com enfoque para DT, as secções de operação e produção e qualidade de água, especialmente a Crimildo Mabota, Nelson Nhantumbo, Gercio Deve, Nelson Mate, Fabião Liasse, Chamussidine Bila e Joaquim Nhancume.

À Direcção Provincial de Recursos Minerais e Energia de Gaza, ao Departamento de Mineração e ao INAM Delegação Provincial de Gaza pela disponibilização dos dados e informações.

Aos Professores e à Coordenação do curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural, por compartilhar seus conhecimentos, experiências e auxílio no decorrer da formação.

Aos amigos do curso e colegas de turma pela imensa jornada percorrida, com destaque para Nivaldo Machava, Prestrelo Mabecua, Domingos Gusmão, Mariano de Sousa, Heralde Pedro, Fernando Rafael, Isaias Macamo, Jaime Maunde, Henriques Siteo e a toda EHAAR 2012.

À tia Rabeca Chambal e a família Mucavel pela hospitalidade, aos amigos inquilinos colegas do Instituto, pelo companherismo durante todos esses anos de convivência, nos nossos processos de misturas que chamamos de cozinhar, o Claudino Nota, Dino Américo e Mohamede José.

À tia Lagrima Maibaze por sempre ter acreditado em mim, oferecendo apoio moral e confiança.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a elaboração deste trabalho.

Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade invejável para aprender a conhecer a influência libertadora da beleza do reino do espírito, para seu próprio prazer pessoal e para proveito da comunidade à qual seu futuro trabalho pertencer. ALBERT EINSTEIN (1879/1955).

## RESUMO

O presente estudo objectivou avaliar o nível hidrodinâmico e a qualidade de água dos furos do subsistema de bairro 11 do FIPAG Xai-Xai. Para o efeito fez-se o mapeamento dos furos com indicação de focos de poluição e da superfície potenciométrica. Também fez-se a medição dos níveis hidrodinâmicos com recurso a sonda eléctrica de 100 m, nos 6 furos em operação no subsistema de um total de 11 furos existentes. Por fim, foram feitas análises mensais da qualidade de água nos 6 furos. Os parâmetros físico-químicos monitorados foram comparados com os previstos na legislação Diploma Ministerial 180/2004. Tais parâmetros incluem o pH, nitratos, nitritos, fosforo total, sulfatos, cloretos, dureza total, DBO, condutividade eléctrica, óleos e gorduras. Para além disso análises microbiológicas foram feitas com enfoque para coliformes fecais e *E. coli*. O mapeamento feito indicou a existência de focos de poluição por resíduos sólidos, oficinas mecânicas e fossas sépticas não impermeabilizadas, mostrou também a superfície potenciométrica e tendência de direcção de fluxo subterrâneo. A variação da superfície potenciométrica foi negativa para 4 dos 6 furos em uma média de -0.30m, os raios de influência mostram que não há interferência e as principais distâncias dos furos activos encontram-se dentro do limite recomendado pelo regulamento de pesquisa e exploração de águas subterrâneas da Associação de Perfuração de Moçambique (2007) excepto os furos 10 e 11, a taxa de recarga total de 30,1 mm foi relativamente baixa quando comparada a precipitação de 500,4 mm durante o período de monitoramento. O pH apresentou-se abaixo dos limites admissíveis no furo 23 em Fevereiro 6.05 do admissível 6.5-8.5, os nitratos no furo 23 apresentaram 50.77mg/L em Fevereiro valor acima do limite admissível de 50mg/L, os cloretos no furo 7 apresentaram 961.80mg/L em Fevereiro valor acima do limite admissível de 250mg/L, a DBO no furo 7 apresentou 8.4mg/L em Abril valor dentro do limite admissível de 10mg/L, o fosforo total em todos os furos apresentou 0.25mg/L em Fevereiro valor acima do limite admissível de 0.1mg/L, a dureza total em todos furos apresentou valores dentro do limite admissível de 500mg/L, os sulfatos em todos furos apresentaram em média 3mg/L em Fevereiro valor abaixo do limite admissível de 250mg/L, os óleos e gorduras em todos furos apresentaram em média 0.061% m/v valor abaixo do limite admissível de 1% m/v, os coliformes fecais nos furos 10 e 11 apresentaram 17 e 36ufc/100mL em Abril valores fora do limite admissível 10ufc/100mL e *E. Coli* nos furos 10 e 11 apresentou 17 e 36ufc/100mL valores fora do limite admissível de <1ufc/100mL.

**Palavras-chave:** Hidrodinâmica, qualidade de água, águas subterrâneas, recarga.

## ABSTRACT

This present survey aimed to evaluate the hydrodynamic and quality level of the FIPAG water pumps at quarter 11 Xai- Xai city. For the effects was done the mapping of water pumps with indications of focus of pollution and the potentiometric surface. Was also done the measurement of hydrodynamics levels using electrical probe with 100m in 6 fountains in operation in the subsystem of total 11 water pumps existing. At the end the monthly analyses were done of quality in six fountains, the monitor physical and quimical parameters were compared with the previous in ministerial diploma legislation 180/2004. Such parameters include the pH, Nitrats, Nitrits, total Phosphorus, Sulfatium, Clorates, total hardness, DBO, electric conductivity, oil and fatty. Besides that microbiological analyzes were done focusing on fecal coliform and *E. coli*. The mapping that has been done displayed the existence of pollution of solid stuffs, mechanic and smith septic tank not impermeable, has also shown patencimetric surface and underground flux. The variation of the patencimetric surface was negative for 4 of six fountains in average of (-0.30m), the influence rays shown that there was any interferrance and main distancial active fauntains are found in suggested bounding by the research rule and exploitation of underground water (MAWP) Mozambican association water pumps 2007 except 10 and 11 fauntains, the total recharge rate of 30,1mm relatively low when compared to precipitation of 500,1mm during the period of monitoring. The pH presented under allowed limits on 23 fauntans in February 6,05 from 6.5-8.5 allowed, the nitrats on 23 fauntains presented 50.77mg/L in February value beyond the allowed limit of 50mg/L, the chlorates on 7 fauntain presented 961.80mg/L in February value beyond the allowed limit of 250mg/L, the DBO on 7 fauntain presented 8.4mg/L in April value within 10mg/l the total phosphorus on all fountains presented 0.25mg/L in February and the it was out of the allowed value of 0.1mg/L, the total hardness on all fountains presented values within allowed bounding of 500mg/L, the sulfatos presented in average of 3mg/L February decreased value under the allowed limit of 250mg/L, the oils and fatty in all fountains presented in average 0.061% m/v value bellow allowed limit of 1% m/v the fecal coliforms on 10 and 11 fauntains presented 17 and 35 ufc/100ml in April, values out of the allowed limit 10 ufc/100 and *E. coli* on 10 and 11 fauntains 17 and 35 ufc/100mL values out of allowed limit of <1 ufc/100mL.

**Keyword:** Hydrodynamic, water quality, groundwaters, recharge

## I. INTRODUÇÃO

Hidrogeologia é a ciência que estuda todos os aspectos relacionados à água subterrânea, incluindo a caracterização das unidades hidrogeológicas, distribuição, composição química natural, contaminação, definição de parâmetros hidrodinâmicos, controle geológico da disponibilidade, tipos e padrões de fluxo, potencial dos aquíferos, cartografia, locação e construção de poços, além dos demais aspectos relacionados aos controles da presença de água em subsuperfície (CAMPOS, 2003).

Segundo HALLIDAY e WALKER (2009), hidrodinâmica é o ramo da hidrogeologia que se dedica ao estudo da componente dinâmica das águas subterrâneas, num estudo feito pelos mesmos autores a hidrodinâmica em meio urbano, vários factores interferem devido acções relacionadas com a urbanização.

O monitoramento da água subterrânea constitui importante ferramenta de diagnóstico e controle das condições do aquífero, fornecendo informações que permitem saber o estado actual e as tendências dos parâmetros monitorados e registrando respostas de acções antrópicas e factores naturais. O monitoramento do nível da água em particular, torna possível o acompanhamento contínuo e sistemático das variações do nível do lençol freático, permitindo a gestão racional desse recurso, principalmente no que diz respeito ao aspecto recarga (NETO & KIANG, 2008).

A recarga é um elemento fundamental aos estudos hidrogeológicos e para a gestão dos sistemas de águas subterrâneas. Em áreas urbanas, os caminhos e fontes de recarga da água são mais complexos que em áreas rurais, devido principalmente a impermeabilização que afecta o balanço hídrico de determinada área, alterando os níveis pluviométricos infiltrados e causando mudanças drásticas na hidrodinâmica das águas urbanas (WAHNFRIED & HIRATA, 2005).

A cidade de Xai-Xai é abastecida por águas subterrâneas, no entanto, com o aumento de consumo e da escassez de água, urge conhecer, avaliar a hidrodinâmica e a qualidade de água. Com o aumento das áreas urbanas, as principais alterações do meio hídrico subterrâneo prendem-se com a grande diminuição das áreas superficiais de recarga e aumento das fontes de poluição.

As águas subterrâneas na sua maioria são originadas a partir do excesso de chuva que infiltra-se

(directamente ou indirectamente) na superfície do solo, como consequência, as actividades que se desenvolvem na superfície ameaçam a qualidade da água subterrânea (NETO & KIANG, 2008).

A poluição dos aquíferos ocorre nos pontos em que a carga contaminante proveniente de actividades urbanas, é controlado de maneira inadequada e excede a capacidade de atenuação natural dos solos e das camadas de cobertura.

### **1.1.Hipóteses**

Frente às questões levantadas foram formuladas as seguintes hipóteses de pesquisa:

- 1) A sobreposição de furos, a ocupação de áreas de recarga e o elevado escoamento superficial gerado durante episódios de precipitação podem provocar variação negativa de níveis hidrodinâmicos no aquífero;
- 2) As actividades antropogênicas que ocorrem na área de estudo podem afectar negativamente a qualidade de água dos furos do subsistema de bairro 11.

### **1.2.Problematização**

A construção de vários furos na mesma área na cidade de Xai-Xai pode comprometer a quantidade de água disponível aos usuários e pode provocar a sobreposição, devido a influência das distâncias entre os furos nos níveis hidrodinâmicos, pode comprometer as reservas hidrogeológicas, em um processo conhecido por superexploração do aquífero.

A cidade de Xai-Xai com a sobreposição, a extracção de água subterrânea pode ultrapassar a recarga natural, caso isso aconteça por longos períodos de tempo, os aquíferos sofrem depleção e o lençol freático começa a baixar.

Nas zonas residenciais da cidade Xai-Xai os aquíferos recebem recarga acidental, consequência de determinadas actividades humanas. Estas actividades incluem as fossas sépticas não impermeabilizadas, o escoamento superficial gerado durante episódios de precipitação, os despejos de oficinas mecânicas, as rupturas no sistema de abastecimento de água e no sistema de esgoto.

### **1.3. Justificativa**

O desafio que motiva este estudo é a preocupação com a situação de construção de vários furos na mesma área com distância mínima que varia entre os 131.40m num total de 11 furos, as oficinas mecânicas, fossas sépticas e resíduos sólidos nas proximidades dos furos. Os furos beneficiam um total de 3980 famílias o equivalente a 19900 habitantes, as fossas sépticas existentes na área estão construídas a profundidades que variam de 1.8m a 2.5m, o nível de água oscila nos 4.5m de profundidade, estão sobre rocha sedimentar. Quando se tratam de águas subterrâneas, o foco principal dos órgãos gestores, bem como o conselho de regulação de águas, entidades governamentais e não-governamentais, é a qualidade e a recarga dos aquíferos, ligado muitas vezes às consequências do uso e ocupação do solo e seu impacto às reservas de água subterrânea subjacente.

O impacto negativo da urbanização no regime hídrico urbano pode ser severo e comprometer o abastecimento de água a população, também as principais causas de problemas na gestão de águas no meio urbano, a explosão demográfica e o aumento de áreas construídas.

Neste sentido torna-se importante o desenvolvimento de um trabalho como forma de fornecer subsídios que contribuem para a minimização desta problemática.

### **1.4. Objectivos:**

#### **1.4.1. Geral**

- Avaliar o nível hidrodinâmico e a qualidade de água dos furos do subsistema de bairro 11 do FIPAG Xai-Xai.

#### **1.4.2. Específicos**

- Proceder com o mapeamento dos furos;
- Determinar a capacidade de recarga nos furos operacionais no bairro 11;
- Determinar a qualidade de água dos furos.

## **II. REVISÃO BIBLIOGRAFICA**

### **2.1.Cartografia**

Segundo OLIVEIRA (1988), Cartografia é a ciência que se ocupa da elaboração de mapas de toda espécie. Abrange todas as fases do trabalho, desde os primeiros levantamentos até a impressão final dos mapas.

De acordo com TAYLOR (1991), numa definição mais abrangente, Cartografia é a arte e a ciência de elaborar mapas; é arte porque para sua perfeita execução necessita satisfazer as exigências de um conjunto de preceitos como: saber escolher e aproveitar-se dos dados numéricos e literários geográficos, possuir um senso instruído e uma habilidade experimentada no desenho minucioso e arranjo de símbolos, letreiros, etc.

A Cartografia é ciência porque exige uma constante ocupação metódica com a intervenção e o aperfeiçoamento das projeções cartográficas e com o estudo e a organização dos métodos gráficos da mais compreensível representação dos elementos do conteúdo como também na parte dos processos de impressão. Portanto, a Cartografia apoia-se em estudos e operações científicas, artísticas e técnicas, baseadas nos resultados de observações, objectivando a elaboração e preparação de cartas e mapas.

#### **2.1.1.Mapeamento e tipos de mapas**

De acordo com RAISZ (1969), define-se mapeamento como sendo um conjunto de operações de levantamento, construção e reprodução das cartas de uma determinada região do espaço geográfico geo-referenciado.

Segundo RAISZ (1969), os mapas, de acordo com seus objectivos e finalidades, podem ser divididos em três tipos: mapas gerais, especiais e temáticos.

Mapa Geral - objectiva alcançar um público bastante diversificado e grande. As informações contidas nesses mapas são muito genéricas, não permitindo aos especialistas, ao consultá-lo, obterem informações detalhadas. Normalmente são mapas que apresentam escalas reduzidas, menores do que 1:1.000.000. Os principais elementos representados nestes mapas são: divisões

política, capitais e cidades de destaque, principais rodovias e ferrovias e algumas informações da parte física (rios, relevo, vegetação).

Mapa Especial - atende a um reduzido número de pessoas, em geral técnicos, como geógrafos, meteorologistas, biólogos, geólogos e outros profissionais que se utilizam de mapas. As informações contidas nestes mapas estão relacionadas a estudos específicos e técnicos, sendo de pouca valia às pessoas fora da especialidade a que se destina. Normalmente, este tipo de mapa é construído em escala grande, maior do que 1:250.000.

Mapa Temático - é construído a partir de um mapa base, normalmente com informações políticas e hidrográficas, no qual são cartografados os demais fenômenos geográficos. Dependendo da área, pode ser aspectos geológicos, demográficos, cobertura vegetal, etc. Normalmente este tipo de mapas é construído em qualquer escala.

## **2.2.Hidrodinâmica**

Segundo HALLIDAY e WALKER (2009), a hidrodinâmica é o estudo dos fluidos (líquidos e gases) em movimento, como a água escoando ao longo de um tubo ou no leito de um rio, o sangue que corre pelas veias de uma pessoa, a fumaça emitida pela chaminé de uma fábrica. Embora nesse ramo da ciência estude-se o movimento dos fluidos em geral, o nome hidrodinâmica (do grego: *hydro*, água) é conservado por tradição, pois originalmente esse estudo se restringia ao movimento da água.

O escoamento de um fluido pode ocorrer de modo turbulento, como nas corredeiras e nas cachoeiras, onde a velocidade em cada ponto muda de instante para instante; ou em regime estacionário (ou permanente), situação na qual a velocidade do fluido em cada ponto não varia com o decorrer do tempo, sendo função apenas da posição do ponto. Nessa situação, portanto, partículas diferentes do fluido, ao passarem por um mesmo ponto, terão a mesma velocidade. As trajetórias descritas pelas partículas de um fluido, escoando em regime estacionário, são denominados de linhas de corrente (HALLIDAY e WALKER, 2009).

O aspecto do nosso estudo é que o fluido será considerado ideal, isto é, incompressível (a densidade do fluido não varia ao longo do percurso) e não-viscoso (o que significa que não há dissipação de energia ao longo do trajeto do fluido).

### 2.2.1. Lei de Continuidade

Quando todos os elementos de volume do fluido que passam por um ponto qualquer dentro do tubo o fazem sempre com a mesma velocidade, num referencial fixo no tubo, o escoamento é chamado de estacionário, laminar ou lamelar. Em pontos diferentes, as velocidades dos elementos de volume podem ser diferentes. Um escoamento estacionário pode ser conseguido se o fluido se desloca com velocidade de módulo relativamente pequeno (BRUNETTI, 2005).

$$A_1V_1=A_2V_2\dots=A_nV_n=Q \quad (2.1)$$

Q = a vazão em estudo;

A = a área da secção molhada;

V = a velocidade de escoamento pela mesma secção.

A equação apresentada mostra que as velocidades são inversamente proporcionais as áreas, ou seja, uma redução de área corresponde a um aumento de velocidade e vice-versa. Esta é a equação da continuidade expressa, na hidrodinâmica, a conservação da massa para um fluido com densidade constante (BRUNETTI, 2005).

### 2.2.2. Lei de conservação de Energia

Segundo WHITE (1999), a energia presente em um fluido em escoamento pode ser separada em quatro parcelas, a saber, energia de pressão, energia cinética, energia de posição e energia térmica. Partindo do princípio da conservação de energia, para duas seções transversais em dois pontos distintos, 1 e 2 do escoamento, estas parcelas podem ser agrupadas da seguinte forma:

$$\frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 = \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + hf_{2-1} \quad (2.2)$$

que é conhecida como teorema de Bernoulli para fluidos reais, onde

p = pressão, Kgf/m<sup>2</sup>;

hf<sub>2-1</sub> = perda de carga que ocorre entre os pontos 2 e 1;

γ = peso específico, Kgf/m<sup>3</sup>;

v = velocidade do escoamento, m/s;

$g$  = aceleração da gravidade,  $m/s^2$ ;

$Z$  = altura sobre o plano de referência,  $m$ ;

Ela implica que, se um fluido estiver escoando em um estado de fluxo contínuo, então a pressão depende da velocidade do fluido. Quanto mais rápido o fluido estiver se movimentando, tanto menor será a pressão à mesma altura no fluido.

### 2.2.3. Lei de conservação de massas

Segundo BRUNETTI (2005), a conservação da massa é uma das leis fundamentais da Mecânica Clássica e estabelece que a massa se conserva. A soma total das massas das espécies envolvidas na reação (reagentes), é igual à soma total das massas das substâncias produzidas pela reação (produtos), ou seja, num sistema fechado a massa total permanece constante.

Essa lei também pode ser enunciada pela famosa frase: "Na Natureza nada se cria e nada se perde, tudo se transforma". Analiticamente esta lei escreve-se:

$$\frac{\partial}{\partial t} \rho + \nabla \cdot \rho \vec{V} = 0 \quad (2.3)$$

Onde:

$\rho$  = Massa específica do fluido.       $\nabla$  = Fluxo líquido de massa

$V$  = Velocidade média do fluxo       $\frac{\partial}{\partial t}$  = Variação com o tempo da massa do volume de controle

Ela estabelece que a variação temporal da massa por unidade de volume, ( $kg/s.m^3$ ), dentro do volume de controle infinitesimal é igual a variação espacial do fluxo de massa por unidade de tempo, ( $kg/s.m^3$ ), que cruza a superfície de controle.

### **2.3. Aquíferos**

De acordo com PEDROSA e CAETANO (2012), aquíferos são corpos rochosos com propriedades de armazenar e transmitir as águas subterrâneas. A função mais tradicional e ainda de maior alcance de um aquífero é como fornecedor de água naturalmente potável. Os processos de filtração e as reações bio-geoquímicas que ocorrem no subsolo fazem com que as águas subterrâneas apresentem, geralmente, boa potabilidade e sejam melhor protegidas dos agentes de poluição. As águas subterrâneas são realimentadas pelas infiltrações de águas de origem meteóricas. Essas águas fluem lentamente (mm/dia, cm/dia ou m/dia) pelos poros e ou fissuras/fracturas intercomunicantes das rochas, armazenando-se em reservatórios subterrâneos ou alimentando os rios (efluência), lagos e nascentes durante os períodos sem chuvas, ou ainda, vão desaguar diretamente nos oceanos e mares, de onde evaporam e sobem à atmosfera para dar origem a novas chuvas, representando parcela significativa do ciclo hidrológico.

A taxa de infiltração de água no solo depende de muitos factores, entre os quais:

- 1) Sua porosidade: A presença de argila no solo diminui sua porosidade, não permitindo uma grande infiltração.
- 2) Cobertura vegetal: Um solo coberto por vegetação é mais permeável do que um solo desmatado.
- 3) Inclinação do terreno: em declividades acentuadas a água corre mais rapidamente, diminuindo o tempo de infiltração.
- 4) Tipo de chuva: Chuvas intensas saturam rapidamente o solo, ao passo que chuvas finas e demoradas têm mais tempo para se infiltrarem.

A água que se infiltra está submetida a duas forças fundamentais: a gravidade e a força de adesão de suas moléculas às superfícies das partículas do solo (força de capilaridade).

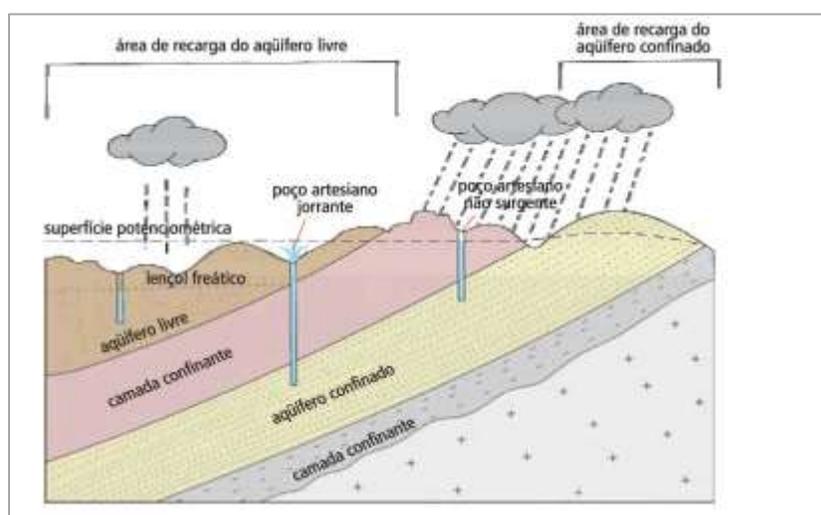
Pequenas quantidades de água no solo tendem a se distribuir uniformemente pela superfície das partículas. A força de adesão é mais forte do que a força da gravidade que age sobre esta água. Como consequência ela ficará retida, quase imóvel, não atingindo zonas mais profundas. Chuvas finas e passageiras fornecem somente água suficiente para repor esta umidade do solo.

Para que haja infiltração até a zona saturada é necessário primeiro satisfazer esta necessidade da força capilar.

### 2.3.1. Tipos de aquíferos

Os aquíferos podem ser divididos em duas grandes categorias: os aquíferos de baixa permeabilidade, ou aquíferos confinados (1) e os não confinados (2), que são mais permeáveis e usualmente estão conectados a nascentes (IRITANI e EZAKI, 2008).

Os aquíferos do tipo confinados (1) possuem, em geral, uma baixa condutividade hidráulica. Esses são, na realidade, os dois limites para o espectro de uma série de aquíferos encontrados na crosta terrestre. Os aquíferos não confinados ou freáticos (2), têm como seu limite superior o lençol freático. O lençol freático (*water table*) e a zona não saturada são conceitos importantes. O lençol freático é determinado pela profundidade que a água atinge em um poço livremente perfurado no solo. Acima dessa profundidade, temos a zona não saturada. Tipicamente, o aquífero mais superficial encontrado em uma dada região é do tipo não confinado. A distinção geológica entre esses dois extremos não é clara. Podem ser diferenciados pela velocidade de recomposição do estoque de água existente em seu interior. Essa velocidade depende de variáveis, tais como, taxa de expansão ou taxa de compressão da água existente dentro do aquífero. Contudo, é possível fazer alguns testes de campo para verificar o grau de confinamento (*specific yield*) de um dado aquífero (IRITANI e EZAKI, 2008).



**Figura 2.1:** Aquífero Livre e Aquífero Confinado.

**Fonte:** Iritani e Ezaki, 2008.

### **2.3.2. Factores que podem tornar os aquíferos vulneráveis**

Segundo PORTO *et al.* (1991), a facilidade de um poluente atingir a água subterrânea dependerá dos seguintes factores:

O tipo de aquífero: os aquíferos freáticos são mais vulneráveis do que os confinados e semiconfinados. Aquíferos porosos são mais resistentes do que os fissurais, e entre estes os mais vulneráveis são os cársticos.

A profundidade do nível estático (espessura da zona de aeração): como esta zona actua como um reactor físico-químico, sua espessura tem papel importante. Espessuras maiores permitirão maior tempo de filtragem, além do que aumentarão o tempo de exposição do poluente aos agentes oxidantes e adsorventes presentes na zona de aeração;

A permeabilidade da zona de aeração e do aquífero: a permeabilidade da zona de aeração é fundamental quando se pensa em poluição. Uma zona de aeração impermeável ou pouco permeável é uma barreira à penetração de poluentes no aquífero. Aquíferos extensos podem estar parcialmente recobertos por camadas impermeáveis em algumas áreas enquanto em outras acontece o inverso.

### **2.4. Distâncias mínimas para construção de furo**

segundo o regulamento de pesquisa e exploração de águas subterrâneas da associação de perfuração de Moçambique (2007), a fonte deve ser construída respeitando-se as distâncias mínimas, nas seguintes condições:

- ✓ 200 metros a montante de potenciais focos de contaminação como lixeiras, cemitérios, matadouro e outros.
- ✓ 50 metros a montante duma latrina ou dum curral;
- ✓ 50 metros duma casa;
- ✓ 20 metros de uma auto-estrada ou qualquer outra infra-estrutura que possa provocar a segurança dos utentes da fonte.

Em seguida apresenta-se o regulamento Brasileiro das distâncias mínimas para construção de furo com as devidas profundidades e o perímetro de protecção à distância, devido a falta de informação a respeito, em Moçambique.

Segundo ABNT NB-588 - Projecto de poços para captação de água subterrânea, os furos de captação integrados no sistema municipal de abastecimento de água estão sujeitos às seguintes condicionamentos:

- ✓ Enquanto os furos de captação se mantiverem em actividade não será permitida a abertura de qualquer furo a menos de 200 m de cada um deles;
- ✓ A abertura de novos furos a uma distância de 200 m a 500 m de um furo existente carece de parecer hidrogeológico e autorização da entidade licenciadora, não podendo a sua profundidade exceder 80 m;
- ✓ A abertura de novos furos a uma distância de 500 m a 1000 m de um furo existente carece de parecer hidrogeológico, não podendo a sua profundidade, no entanto, exceder 100 m.

Cada furo de captação de água para abastecimento público terá um perímetro de protecção à distância com um raio de 2000 m, a contar do seu centro.

Os perímetros de protecção à distância dos furos de captação de água não devem existir:

- ✓ Sumidouros ou poços sem laje de fundo de águas negras abertas na camada aquífera captada;
- ✓ Rega com águas negras;
- ✓ Currais, estábulos, matadouros, instalações sanitárias e indústrias com efluentes poluentes, mesmo que providos de esgoto distante ou tratamento completo.

### 2.4.1. Raio dos cones de influência dos furos

Segundo COSTA *et al.* (2011), a interferência entre poços pode ser determinada através do raio do cone de influência do poço. O raio do cone corresponde à distância compreendida entre o poço de bombeamento ao nível de água do aquífero, onde já não são mais observados os efeitos do bombeamento. Ou seja, é a distância a partir da qual os efeitos de um bombeamento em um determinado aquífero não são mais percebidos. Sendo assim, o raio de influência de um poço pode ser determinado através da expressão:

$$R = 1,5 \sqrt{\frac{T * t}{S}} \quad (2.4)$$

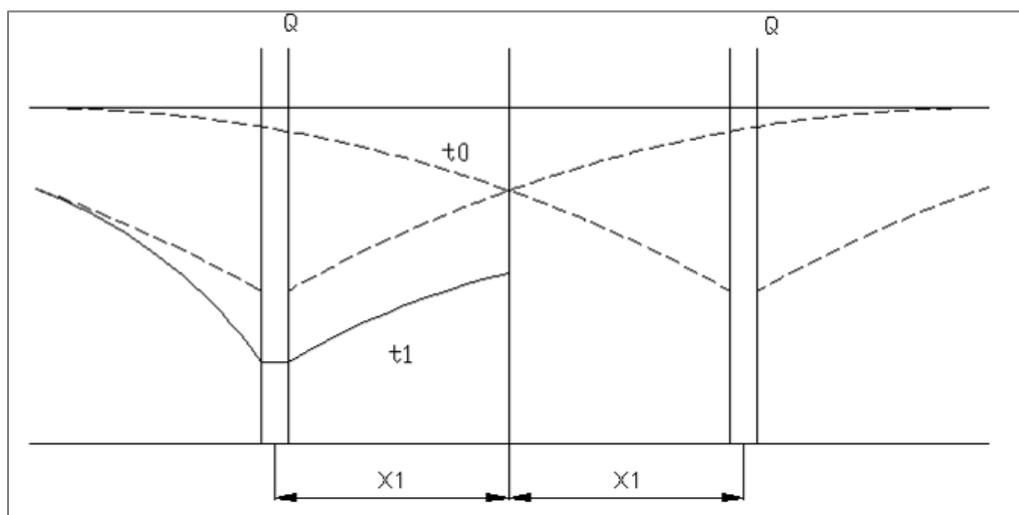
Onde:

R= raio de influência do poço (m);

T= transmissividade do meio penetrado pela perfuração (m<sup>2</sup>/s);

t= tempo de bombeamento do poço (s);

S= coeficiente de armazenamento (adimensional). Corresponde no subsistema livre à porosidade eficaz.



**Figura 2.2:** Esquema do efeito de interferência entre poços (Adaptado de Rêgo & Albuquerque, 2004).

## 2.5. Características hidráulicas das águas subterrâneas

Segundo CUSTODIO e LLAMAS (1983), as águas subterrâneas, em termos da sua caracterização quantitativa, são identificados por três parâmetros hidráulicos:

O coeficiente de armazenamento (S), que corresponde, em percentagem, ao volume de água gravítica contida num determinado volume do aquífero (água mais a rocha que a contém); por exemplo, um valor de 0,10 indica que, em cada m<sup>3</sup> de aquífero (água mais rocha), existem 100L de água que pode ser explorada (gravítica); são comuns valores entre inferiores a 0,01 para rochas fraturadas e até 0,30 em rochas sedimentares porosas.

O coeficiente de permeabilidade ou condutividade hidráulica (K), que corresponde na prática à facilidade com que água atravessa o meio subterrâneo, é normalmente dado em m/s ou m/dia e corresponde ao volume de água (m<sup>3</sup>) que atravessa cada m<sup>2</sup> de aquífero, em cada unidade de tempo, respectivamente por segundo ou por dia; valores inferiores a 1m/dia podem ser encontrados em rochas ígneas e metamórficas, e valores superiores às centenas podem ser representativos de rochas sedimentares porosas.

A transmissividade (T), que corresponde à quantidade de água que um aquífero pode transmitir, ou seja ao volume de água (m<sup>3</sup>) que passa por metro linear de aquífero numa determinada unidade de tempo, é geralmente dada em m<sup>2</sup>/s ou m<sup>2</sup>/dia; tem uma relação directa com a condutividade hidráulica, através da fórmula:

$$T=K*b \quad (2.5)$$

Em que b é a espessura do aquífero; para que haja um aproveitamento total do volume de água que um aquífero pode transmitir, é necessário que a captação seja completa, ou seja, que perfure toda a espessura saturada do aquífero, o que nem sempre sucede.

O coeficiente de armazenamento nos aquíferos livres tem valores entre 0,02 até cerca de 0,3. A drenagem nestes aquíferos se dá através dos poros, onde a origem predominante da água é a drenagem gravitacional, através do declínio que ocorre na superfície freática. Neste tipo de meio, o volume derivado da compressão do aquífero é insignificante. Sendo assim, o coeficiente de armazenamento (S) em aquíferos livres é igual ao rendimento específico (Sy) ou à porosidade efetiva do meio (Pe) (FEITOSA e FILHO, 2000).

### **2.5.1.O fluxo de água no subsolo**

Segundo TEIXEIRA *et al.* (2000), além da força gravitacional, o movimento da água subterrânea também é guiado pela diferença de pressão entre dois pontos, exercida pela coluna de água sobrejacente ao pontos e pelas rochas adjacentes. Esta diferença de pressão é chamada de potencial da água (potencial hidráulico) e promove o movimento da água subterrânea de pontos com alto potencial, como nas cristas do nível freático, para zonas de baixo potencial, como em fundo de vales. Esta pressão exercida pela coluna de água pode causar fluxos ascendentes da água subterrânea, contrariando a gravidade, como no caso de porções profundas abaixo de cristas, onde a água tende a subir para zonas de baixo potencial, junto a leitos de rios e lagos.

A união de pontos com o mesmo potencial hidráulico em subsuperfície define as linhas equipotenciais do nível freático, semelhantes a curvas de nível topográficas.

### **2.5.2.Principais factores que intervêm na quantidade e qualidade das águas subterrâneas**

Segundo ROCHA e JORBA (1982), os principais factores que intervêm na quantidade e qualidade das águas subterrâneas são:

- ✓ Precipitação superficial;
- ✓ Constituição geológica e natureza das camadas;
- ✓ Estrutura geológica;
- ✓ Extensão areal contribuinte;
- ✓ Zona de recarga.

Os principais factores que impedem o uso extensivo das águas subterrâneas são:

- ✓ Conhecimento insuficiente das formações aquíferas;
- ✓ Falta de estudos hidrogeológicos detalhados, levantamentos e ensaios;
- ✓ Técnica inadequada na execução dos poços;

### **2.5.3. Superexploração**

A água subterrânea sempre foi vista como uma fonte inesgotável de abastecimento. Com o desenvolvimento das modernas técnicas de prospecção, perfuração e extração, essa atitude não pode mais continuar. Embora seja um recurso renovável, poucos aquíferos podem suportar enormes e indefinidas taxas de extração, na maior parte do mundo. Para assegurar suprimentos de água subterrânea para as gerações futuras, a filosofia do desenvolvimento sustentável preconiza que a extração de água de um aquífero nunca deve exceder sua recarga. Quando a extração de água subterrânea ultrapassa a recarga natural, por longos períodos de tempo, os aquíferos sofrem depleção e o lençol freático começa a baixar (CUSTODIO e LLAMAS, 1996).

### **2.6. Precipitação**

A precipitação distribuída ao longo do ano é um factor decisivo no volume de recarga da água subterrânea, em qualquer tipo de terreno. Chuvas regularmente distribuídas ao longo do tempo promovem uma infiltração maior pois, desta maneira, a velocidade de infiltração acompanha o volume de precipitação. Ao contrario, chuvas torrenciais favorecem o escoamento superficial directo, pois a taxa de infiltração é inferior ao grande volume de água precipitada em curto intervalo de tempo (TEIXEIRA *et al.*, 2000).

#### **2.6.1. Reabastecimento do aquífero ou recarga**

O reabastecimento de um aquífero ocorre basicamente a partir da infiltração de água das chuvas e, em menor escala, de corpos de águas superficiais. O maior ou menor grau de reabastecimento ou recarga depende de factores como clima, vegetação, relevo, drenagem e geologia da região. A existência de solos porosos e permeáveis favorece a infiltração, mas essa condição pode ser ampliada se o solo for coberto por vegetação e estiver em relevo plano. Já em áreas de relevo íngreme e solos pouco permeáveis, a maior parte da água precipitada transforma-se em cursos superficiais, dificultando a infiltração. Em regiões de clima humido e solos permeáveis, a recarga pode atingir até 25% da precipitação pluviométrica anual (CEDERSTRON, 1964).

Os aquíferos podem ser reabastecidos localmente pela infiltração da água das chuvas. É a chamada recarga directa, característica dos aquíferos livres. Já nos aquíferos confinados o mais comum é que aconteça a recarga indirecta onde o reabastecimento ocorre somente nos locais

onde a camada que contém o aquífero aflora. Esses locais são denominados zona de recarga desses aquíferos (CUSTODIO e LLAMAS, 1996).

## **2.6.2. Formas de recarga de aquíferos**

### **2.6.2.1. Recarga natural**

A recarga natural traduz-se num volume de água introduzido no sub-solo sem a intervenção do homem e é uma variável do ciclo hidrológico. No ciclo hidrológico, a água da precipitação pode cair directamente na superfície terrestre e infiltrar-se. A água que se infiltra no solo fica sujeita à evaporação, pode ser absorvida pelas plantas sendo posteriormente evapotranspirada, ou pode escoar em profundidade em direcção à zona saturada sub-superficial (OLIVEIRA, 2004); esta última é a água de recarga. A recarga de águas subterrâneas define-se como a quantidade de água que é acrescentada à zona saturada de água subterrânea. Esta recarga vai provocar o aumento do armazenamento de água da zona saturada (OLIVEIRA, 2004).

A recarga natural é responsável pela formação e manutenção dos recursos hídricos subterrâneos e resulta da diferença entre os *inputs* de água para o solo (precipitação, infiltração a partir dos rios, lagos e outros corpos hídricos superficiais) e os *outputs* de água para o solo (evapotranspiração e escoamento superficial).

### **2.6.2.2. Recarga artificial**

Segundo DÍAZ *at al.* (2000), a recarga artificial de aquíferos pode definir-se como uma actividade planeada cujo objectivo principal consiste em aumentar a quantidade de água subterrânea disponível, através da construção de infra-estruturas projectadas para aumentar a recarga natural, ou para facilitar a percolação das águas superficiais ou para introduzir directamente a água no aquífero através de furos de injeção. Em alguns casos estes sistemas destinados à recarga artificial podem ser considerados como obras de engenharia destinadas à introdução de água no aquífero. A água de recarga introduzida no aquífero pode ficar armazenada e ser utilizada quando for necessário.

Segundo BOUWER (2002), a recarga acidental é uma consequência de determinadas actividades humanas que não se destinam à recarga artificial de aquíferos. Estas actividades incluem a disposição de efluentes em fossas sépticas não impermeabilizadas, a drenagem ou percolação em profundidade a partir de campos irrigados, o escoamento superficial gerado em zonas urbanas durante episódios de precipitação, etc.; também se incluem os aspectos não planeados de determinadas actividades, como as rupturas no sistema de abastecimento de água e no sistema de esgotos.

Outra forma de recarga acidental pode ocorrer em zonas urbanas, onde parte significativa do solo encontra-se coberto por diversas superfícies impermeáveis, como estradas, passeios, telhados de edifícios, etc., que geram um volume maior de escoamento superficial e que possuem uma menor capacidade de evaporação comparativamente com as superfícies naturais (BOUWER, 2002).

Segundo BARRETT *et al.* (1999), ambientes urbanos alteram significativamente a natureza da recarga nos respectivos aquíferos subjacentes. As fontes e percursos da recarga subterrânea em áreas urbanas são mais numerosos e complexos do que em ambientes rurais. A recarga direta é reduzida, porém pode haver contribuições adicionais a partir do aumento do escoamento superficial, assim como de fontes introduzidas pela urbanização, como vazamentos da rede de água e esgoto.

Para LERNER, (1990) as principais fontes extras de recarga, introduzidas em área urbana são:

- ✓ Vazamentos da rede de esgoto e de fossas sépticas;
- ✓ Vazamentos do sistema de distribuição de água;
- ✓ Irrigação de parques públicos e residenciais;
- ✓ Vazamentos do sistema de drenagem pluvial;
- ✓ Vazamentos de sistemas de efluentes domésticos e industriais;
- ✓ Infiltração concentrada em enchentes (lançamento da água pluvial no leito do rio).

### 2.6.3. Estimativas de recarga em aquíferos

A recarga corresponde ao volume de água que entra na zona saturada e contribui com o abastecimento de um aquífero (FREEZE E CHERRY, 1979)

Os métodos mais utilizados para estimativa de recarga de águas subterrâneas encontrados na literatura foram: 1) Método do Balanço de Massa de Cloreto; 2) Método da Precipitação Cumulativa; 3) Método da Modelação Subterrânea; 4) Método EARTH (Extended Model for Aquifer Recharge and Moisture Transport Through Unsaturated Hardrock); 5) Método do Balanço Hídrico; 6) Método Darcyniano e; 7) Método de Flutuação do Volume Saturado ou Flutuação do Nível de água (*Water Table Fluctuation-WTF*) (WAHNFRIED e HIRATA, 2005).

O método WTF pode ser usado de duas formas: 1) para estimativas de eventos de curta duração (dias, semana, mês) ou em períodos mais extensos (anos), 2) estimativa em escala local e regional. O WTF foi o método considerado mais sensível quando comparado ao método de estimativa Darcyniana e ao método do balanço hídrico, o WTF é um método que assume ser a precipitação pluviométrica anual a fonte de recarga de um aquífero livre (WAHNFRIED e HIRATA, 2005).

Para a estimativa de recarga HEALY e COOK (2002) propuseram a seguinte fórmula de cálculo:

$$R = S_y * \Delta h / \Delta t \quad (2.6)$$

Onde:

$S_y$  = Rendimento específico do meio poroso saturado;

$\Delta h$  = Variação do nível freático (m);

$\Delta t$  = Tempo de avaliação (dias).

## **2.7. Qualidade das águas subterrâneas**

Na captação de água subterrânea através de poços, não é importante apenas o aspecto da quantidade, isto é, a vazão a ser obtida. A qualidade da água subterrânea é outro factor a ser considerado, tendo em vista o uso proposto para a água a ser captada (PINTO, 2003).

A qualidade das águas subterrâneas é dada, a princípio, pela dissolução dos minerais presentes nas rochas que constituem os aquíferos por ela percolados. Mas, ela pode sofrer a influência de outros factores como composição da água de recarga, tempo de contacto água/meio físico, clima e até mesmo a poluição causada pelas actividades humanas (VIVACQUA, 2005).

Devido ao maior contacto com os materiais geológicos, baixa velocidade de fluxo e maiores pressões e temperaturas, as águas subterrâneas são geralmente mais mineralizadas do que as águas superficiais. Pelas mesmas razões, possuem menores teores de matérias em suspensão e matéria orgânica, esta última devido também à acção dos microorganismos presentes no solo (PINTO, 2003).

### **2.7.1. Poluição das águas subterrâneas**

A poluição das águas subterrâneas é geralmente difícil de detectar, de monitoramento dispendioso e muito prolongado. 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. A despoluição da água subterrânea é particularmente demorada e cara, através de sofisticadas tecnologias (ZAPOROZEC, 2000).

A maior parte dos poluentes são provenientes dos usos urbanos, industriais e da agricultura. No passado, foi dada maior atenção às fontes pontuais de poluição, a exemplo dos rejeitos e resíduos industriais, aterros sanitários e lixos químicos e tóxicos injectados no subsolo. Muitas soluções técnicas foram desenvolvidas para recuperar ou no mínimo conter esses tipos de poluição (HIRATA, 1993).

As fontes de contaminação antropogénica em águas subterrâneas são em geral diretamente associadas a despejos domésticos, industriais e ao chorume oriundo de aterros de lixo que contaminam os lençóis freáticos com microorganismos patogénicos. Além de promoverem a mobilização de metais naturalmente contidos no solo, como alumínio, ferro e manganês, também

são potenciais fontes de nitrato e substâncias orgânicas extremamente tóxicas ao homem e ao meio ambiente (FREITAS; ALMEIDA, 1998; NORDBERG *et al.*, 1985 citado por FREITAS, BRILHANTE; ALMEIDA, 2001).

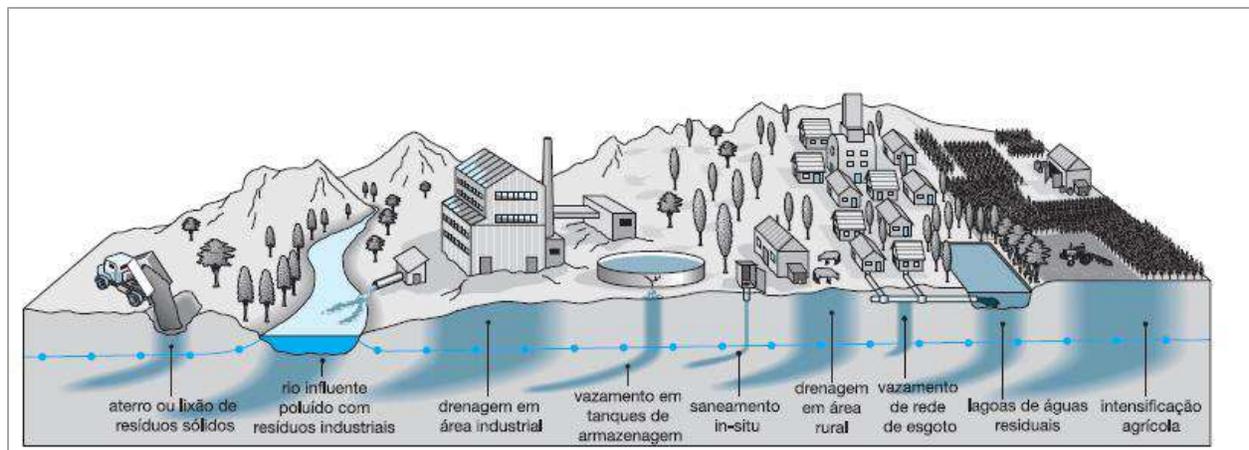
Segundo AMARAL *et al.* (1994), a poluição fecal das águas subterrâneas de poços rasos, são facilitadas pelos aquíferos de pequena profundidade. Muitas vezes a presença de microrganismos patogênicos na água é decorrente da poluição por fezes humanas e de animais, provenientes de águas residuárias urbanas e rurais. Deste modo, a presença desses microrganismos na água constitui indicador de poluição fecal.

De acordo com VANIER *et al.* (2010), o nitrato é utilizado, mundialmente, como indicador da contaminação das águas subterrâneas devido à sua alta mobilidade, podendo atingir extensas áreas, sendo uma das fontes potenciais desse contaminante em áreas urbanas são os sistemas de saneamento, dos quais se destacam as fossas sépticas e negras, bem como os vazamentos das redes coletoras de esgoto.

Segundo BAIRD, (2002) as fontes de poluição das águas subterrâneas classificam-se em:

- a) Fontes pontuais: redes de efluentes domésticos e industriais, derramamentos acidentais, atividades de mineração, enchentes, etc.
- b) Fontes não-pontuais: práticas agrícolas, residências dispersas, deposições atmosféricas, trabalho de construção, enxurradas em solos, etc.

As fontes pontuais geralmente resultam em descargas diretas para os corpos de água, ao passo que fontes não-pontuais podem ter rotas resultando em deposições parciais dos poluentes antes de atingirem os mananciais.



**Figura 2.3:** Potenciais Fontes de Contaminação das Águas Subterrâneas.

Fonte: Foster *et al.*, 2011

### **2.7.2. Poluição das águas subterrâneas pelo esgoto humano e outras actividades antrópicas**

Segundo PIVELI e KATO (2006), é provocada pela descarga de efluentes domésticos não tratados na rede hidrográfica, fossas sépticas e lixeiras. Os efluentes domésticos contêm sais minerais, matéria orgânica, restos de compostos não biodegradáveis, vírus e microorganismos fecais.

As alterações antrópicas algumas vezes ocorrem de forma directa, como na superexploração da água subterrânea dos aquíferos, ou indirecta, como na disposição superficial de efluentes, esgotos sanitários e resíduos sólidos, no uso intensivo de fertilizantes e pesticidas na agricultura irrigada e no uso excessivo de combustíveis fósseis nos meios de transportes e na geração de energia, entre outros (LIMA, 2003).

### **2.7.3. Composição do esgoto humano**

Em média a composição do esgoto sanitário é de 99,9% de água (água de abastecimento utilizada na remoção do esgoto das economias domésticas e residências) e apenas 0.1% de sólidos (sólidos grosseiros, areia, sólidos sedimentáveis e sólidos dissolvidos), sendo que cerca de 75% desses sólidos, são constituídos de matéria orgânica em processo de decomposição (ANDRADE, 1997).

#### **2.7.4. Mobilidade dos óleos e graxas**

Considera-se óleos ou graxas: hidrocarbonetos, ácidos graxos, sabões, gorduras, óleos e ceras, assim como alguns compostos de enxofre, certos corantes orgânicos e clorofila (BAUMGARTEN e POZZA, 2001).

Na ausência de produtos industriais especialmente modificados, os óleos e graxas constituem-se de materiais graxos de origem animal e vegetal, e de hidrocarbonetos originados do petróleo.

Quando essas substâncias estão presentes em quantidades excessivas, podem interferir nos processos biológicos aeróbicos e anaeróbicos, causando ineficiência do tratamento de águas residuárias. Nesses casos, podem causar acúmulo excessivo de escória em digestores obstruindo os poros dos filtros e impedir o uso do lodo como fertilizante. Quando descartados juntos com águas residuárias ou efluentes tratados, os óleos e graxas podem formar filmes sobre a superfície das águas e se depositarem nas margens, causando assim diversos problemas ambientais (VON SPERLING, 1995).

#### **2.7.5. Resíduos sólidos**

O grande impacto proveniente da decomposição anaeróbica da matéria orgânica se dá por meio da produção do chorume (altas concentrações de matéria orgânica e metais pesados), que pode percolar e atingir o manancial subterrâneo (SANTOS, 2004)

Segundo SANTOS, (2004) os resíduos sólidos podem ser classificados conforme a fonte:

- a) Resíduos urbanos: fazem parte desta categoria os resíduos domiciliares, produzidos nas residências; o comercial, proveniente de estabelecimentos como escritórios, lojas e hotéis; os de varrição e de serviços, como feiras livres, capinação e poda;
- b) Resíduos industriais (tóxicos e perigosos): gerados pelas indústrias de processamento. Por pertencerem a uma área complexa os resíduos devem ser estudados caso a caso, para que se possa obter uma solução técnica e economicamente adequada;
- c) Resíduos de serviços de saúde: gerados em serviço prestador de assistência médica, sanitária ou estabelecimentos congêneres, podendo ser provenientes de farmácias, hospitais, unidades ambulatoriais de saúde, clínicas médicas e veterinárias, consultórios médicos e odontológicos,

laboratórios de análises clínicas e patologias, instituições de ensino e pesquisa médica, bancos de sangue e outros;

d) Resíduos radioativos: provenientes do aproveitamento de combustíveis nucleares;

e) Resíduos agrícolas: correspondem aos vasilhames descartados pelo uso de agrotóxicos.

Desta forma, os recursos hídricos (superficiais e subterrâneos) podem ser poluídos por substâncias acumuladas no solo, provenientes de fontes poluidoras, como áreas de disposição final de resíduos sólidos. Pois, durante a digestão da matéria orgânica nos aterros, também é formado o chorume, que contém elevada carga orgânica, microrganismos, metais, entre outros compostos. E, quando este líquido é misturado às águas de chuva dá origem ao lixiviado que pode percolar pelo solo, alterando a qualidade das águas subterrâneas.

### III. METODOLOGIA

#### 3.1. Área de estudo

##### 3.1.1. Localização geográfica do FIPAG Xai-Xai

O FIPAG Xai-Xai situa-se na cidade do mesmo nome, e é uma urbe da capital da Província de Gaza, zona sul de Moçambique. Estende-se em cerca de 135 km<sup>2</sup> com uma população de 124 000 habitantes (INE, 2011), e é constituído por 12 bairros, divididos em quatro Postos Administrativos e localiza-se a 210 km a Norte da Cidade de Maputo, limitando-se a Sul pela Localidade de Chilaulene e pelo Oceano Indico; a Este pelo Posto Administrativo de Chongoene, a Oeste pelo Posto Administrativo de Chicumbane e a Norte pelos Rios Limpopo e Ponela.

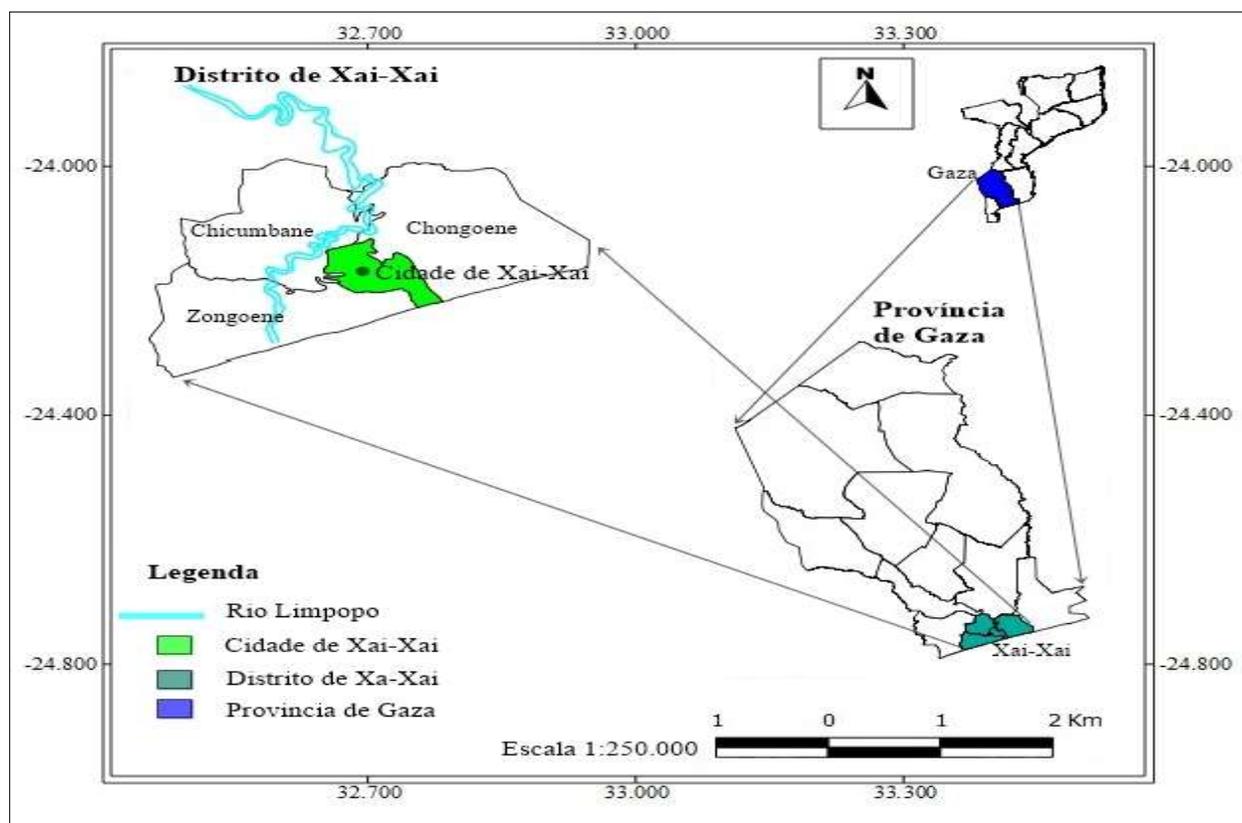


Figura 3.1: Mapa de localização da área de estudo (Cidade de Xai-Xai)



**Figura 3.2:** Imagem aérea ilustrando o local do estudo, zona alta cidade Xai-Xai

**Fonte:** *Google earth*, 2016

### **3.1.2. Caracterização climática do distrito de Xai-Xai**

Segundo o manual da série de perfis distritais de Moçambique (2005), o distrito é influenciado pelos anticiclones dos oceanos Índico e Atlântico, pela célula continental de alta pressão durante a época fresca e, pela depressão continental de origem térmica durante a época quente.

Ainda pela sua posição geográfica, o distrito encontra-se na zona de influência de sistemas frontais que transportam massas de ar polar marítimo que podem originar chuvas e aguaceiros na época fresca, aguaceiros e trovoadas na época quente. A maioria da chuva ocorre durante a estação quente, com o pico em Janeiro e Fevereiro. A precipitação média anual varia de 825mm a 1145mm, decrescendo muito rapidamente da costa para o interior.

### 3.1.3. Relevo e Solos

Segundo o manual da série de perfis distritais de Moçambique (2005), o distrito de Xai-Xai estende-se por dois grandes tipos fisiográficos que são a planície aluvionar do rio Limpopo (vale) e um planalto circundante arenoso (serra) de origem eólica.

A transição entre os dois tipos é feita por encostas declivosas, onde muitas vezes ocorre a formação de solos hidromórficos. Os tipos de solos mais predominantes são os solos argilosos nas baixas e os solos arenosos nas serras.

Segundo a Direcção Provincial de Recursos Minerais e Energia de Gaza, a área de estudo apresenta o seguinte perfil geológico, areia fina de cores que variam de laranja aos acastanhados e de esbranquiçados a vermelhos, abaixo do nível do mar encontra-se argila.

### 3.1.4. Hidrogeologia

A área de estudo está inserida numa região onde predomina o sistema aquífero livre em rochas sedimentares - arenitos (Direcção Provincial de Recursos Minerais e Energia de Gaza).

O potencial hidrogeológico do sistema de aquífero é alto, com vazões médias em torno de 41m<sup>3</sup>/h e capacidades específicas de furos variando de 8 a 66m<sup>3</sup>/h (FIPAG Xai-Xai, 2017).

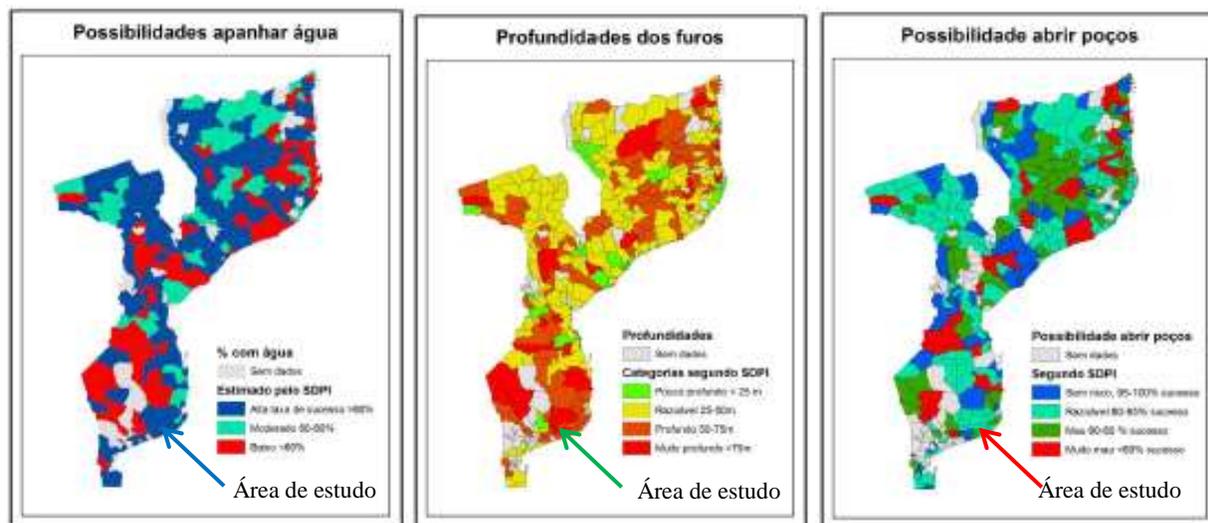


Figura 3.3: Mapas com dados hidrogeológicos

Fonte: PRONASAR, 2012

### **3.2.Mapeamento da área de estudo**

O mapeamento da área de estudo foi feito com recurso ao programa *Quantum GIS 1.8.0*, onde através da ferramenta de divisão administrativa, fez-se a representação em mapa demonstrando Moçambique, Província de Gaza, Distrito de Xai-Xai e a cidade de Xai-Xai (área de estudo), os acabamentos gráficos foi com recurso ao *Adobe Photoshop CS6*.

Para proceder com o mapeamento dos furos da área de estudo, foi necessário primeiro o reconhecimento da área e a delimitação da mesma área com auxílio do *google earth*.

Numa primeira fase foi feito o levantamento dos furos na base de dados do FIPAG, a verificação da localização dos mesmos, o estado actual de operacionalidade e em seguida a identificação dos furos do subsistema no terreno. O processo mapeamento de localização dos furos do subsistema de bairro 11 com indicação de focos de poluição (ver figura 6) e da superfície potenciométrica e tendência de direção de fluxo subterrâneo no subsistema de bairro 11 na Cidade de Xai-Xai foram feitos com recurso aos pacotes *Map Source* onde foram inseridas as coordenadas geográficas dos furos para transformalas em coordenadas retangulares (UTM), em seguida exportam-se para o *google earth* para a localização exacta no terreno e depois extrai-se a imagem com os respectivos pontos para o *AutoCad Civil 3D* para a geração das curvas de nível. As coordenadas geográficas dos furos foram fonecidas pelo FIPAG.

### **3.3.Recolha de dados no terreno**

A recolha de dados no terreno compreendeu à duas etapas a saber: medição de níveis estáticos e dinâmicos da bomba e, recolha de amostras de água dos furos.

#### **3.3.1.Medição dos níveis estáticos e dinâmicos da bomba**

Para determinação dos níveis estáticos e dinâmicos da bomba, foi necessário primeiro conhecer as características dos furos, a profundidade do furo, o nível estático, o nível dinâmico e o caudal específico do furo, dados fornecidos pelo FIPAG, como mostra a tabela 3.2.

Verificou-se as distâncias entre os furos, como auxílio da régua do *google earth*, para verificar o grau de interferências de captações na mesma área.

Com recurso a um medidor de nível eléctrico ou sonda eléctrica, cronómetro e uma ficha de registo foi feita a medição dos níveis de água nos furos e posterior registo dos mesmos.

- Medição dos níveis hidrodinâmicos dos furos;
- Medição dos níveis hidrostáticos dos furos;

Como os furos encontram-se em operação contínua, em primeiro lugar fez-se a medição de nível dinâmico e em seguida a paralisação do funcionamento da bomba para a medição do nível estático que consiste na medida da velocidade de recuperação do nível estático original do furo, que obedeceu a tabela 3.1 a seguir.



**Figura 3.4:** Medição de níveis hidrodinâmicos no furo com recurso a sonda eléctrica de 100m, marca BFK100.

**Tabela 3.1:** Frequência de leituras do nível de água

<b>Tempo</b>	<b>Leituras</b>
*0 – 10 min	intervalo de 1 min
10 – 20 min	intervalo de 2 min
20 – 60 min	intervalo de 5 min
60 – 100 min	intervalo de 10 min
100 – 180 min	intervalo de 20 min
A partir de 180 min	intervalo de 30 min

**Fonte:** DNPM ([www.dnpm.gov.br](http://www.dnpm.gov.br))

\*frequência de leitura do nível de água usada

**Tabela 3.2:** Principais características hidrodinâmicas dos furos do subsistema de B11

Nº do Furo	Localização/ Nome	Condição actual	Latitude (X)	Longitude (Y)	Empresa	Ano de execução	Cota (m)	N.E (m)	N.D (m)	Prof. (m)	Capacidade do furo (m³/h)	Vazão Recomendada (m³/h)
1	Furo 1	Inoperacional Definitivamente	250344.73	334010.42	FIPAG	Antes da I e II fase	40	34.2	43.6	72	23	23
2	Furo 2	Inoperacional Temporariamente	250352.46	334011.25	FIPAG	Antes da I e II fase	36	24.61	27.28	72	25	19
3	Furo 3	Inoperacional Temporariamente	250345.3	334001.71	FIPAG	Antes da I e II fase	31	24.27	31.5	74	13	8
4	Furo 6	Inoperacional Temporariamente	250356.5	333950.5	FIPAG	Antes da I e II fase	59	58	63	76	12	8
5	Furo 7	Operacional	250344.39	333959.27	FIPAG	Antes da I e II fase	29	23.5	28	75	50	38
6	Furo 4	Inoperacional Temporariamente	250402.08	333950.18	FIPAG	Antes da I e II fase	57	49.72	54.6	100	25	19
7	Furo 8	Operacional	250339.8	334017.78	FIPAG	I fase	41	33.63	34.84	76	42.6	43
8	Furo 9	Operacional	250332.8	333946.17	FIPAG	I fase	37	34.45	35.13	84	60	43.8
9	Furo 10	Operacional	250422.95	333947.34	FIPAG	I fase	60	53.88	57.89	102	50	37
10	Furo 11	Operacional	250427.11	333948.47	FIPAG	I fase	53	47.42	49.63	74	70	51.55
11	Furo 23	Operacional	250351.43	334003.27	FIPAG	II fase	29	21	23	45	80	66.2

Antes da I e II fase - Antes de 2004; I fase – 2004 à 2008; II fase – 2009 à 2011

N.E – Nível Estático; N.D – Nível Dinâmico; Prof. - Profundidade

**Fonte:** FIPAG Xai-Xai (2017), Organização Autor

### 3.3.2. Aplicação do método WTF (Flutuação do Nível de água) na medição de níveis dos furos

Para realizar a estimativa de recarga subterrânea nos furos do subsistema de B11, utilizou-se o método WTF, método este baseado na premissa de que a subida do NA medida em furos rasos é causada pela recarga na superfície do NA. Os dados foram coletados no período de Fevereiro à Maio de 2017, num total de 120 dias, numa frequência de duas medições dos níveis em cada mês através de uma sonda eléctrica de 100 m de marca BFK100, nos 6 furos em operação no subsistema de B11, cuja o funcionamento normal das bombas é de 24h.

O rendimento específico do meio poroso saturado (Sy) para o cálculo da estimativa de recarga subterrânea foi retirada na tabela 1, ver no anexo, recomendados por Healy e Cook (2002), sendo que o tipo de material geológico predominante na área de estudo é a areia fina, segundo a Direcção Provincial de Recursos Minerais e Energia de Gaza.

$$R = S_y * \Delta h / \Delta t \quad (3.1)$$

Onde:

Sy=Rendimento específico do meio poroso saturado;

$\Delta h$  = Variação do nível freático (m);

$\Delta t$  = Tempo de avaliação (dias).

Com o Método de Cooper-Jacob (1946), determinou-se a transmissividade e o coeficiente de armazenamento segundo as equações 3.2 e 3.3 respectivamente, para o cálculo do raio dos cones de influência dos furos.

$$T = \frac{0,183Q}{\Delta s} \quad (3.2)$$

Onde:

T = transmissividade (m<sup>2</sup>/h)

Q = vazão de bombeamento (m<sup>3</sup>/s)

$\Delta s$  = diferença de rebaixamento (m)

$$S = \frac{2,25Tt_0}{r^2} \quad (3.3)$$

Onde:

S = coeficiente de armazenamento

T = transmissividade (m<sup>2</sup>/h)

t<sub>0</sub> = tempo para rebaixamento nulo (h)

r = distância do centro do poço bombeado para o ponto onde está sendo medido o rebaixamento s (m)

No caso dos aquíferos livres o coeficiente de armazenamento S é igual ao rendimento específico Sy ou à porosidade efetiva Pe.

$$R = 1,5 \sqrt{\frac{T * t}{S}} \quad (3.4)$$

Onde:

R= raio de influência do poço (m);

T= transmissividade do meio penetrado pela perfuração (m<sup>2</sup>/s);

t= tempo de bombeamento do poço (s);

S= coeficiente de armazenamento (adimensional). Corresponde no subsistema livre à porosidade eficaz.

### **3.3.3.Recolha de amostras de água**

#### **3.3.3.1.Amostragem**

Foram coletadas 15 amostras de água para consumo humano em 6 furos operacionais de um total de 11 furos do subsistema de bairro 11, as coletas foram feitas no período de Fevereiro à Abril de 2017. Em cada furo foram realizadas três coletas de amostras de água, numa frequência de amostragem mensal, em Fevereiro não foram coletadas amostras dos furos 9 e 10, devido ha problemas operacionais das bombas e em Abril também o furo 23 não houve coleta de amostra devido os mesmos problemas. As amostras de água foram coletadas em garrafas plásticas e de vidro, de 1,5L e 0,5L respectivamente, esterilizadas acondicionadas em colmane e levadas para o LNHAÁ para realização de análises.

#### **3.3.3.2.Procedimentos de coleta de amostras**

Na coleta de amostras de água para analisar a qualidade de água, certificou-se de que todos os equipamentos e materiais estejam devidamente limpos e com a qualidade assegurada, para que as amostras colectadas não possam incluir partículas ou materiais estranhos colectados acidentalmente. A coleta de amostras foi feita com recurso aos seguintes materiais, garrafas plásticas e vidro de 1,5L e 0,5L respectivamente (figura 3.4), o processo de coleta de amostras de água foi executado nos furos do subsistema de bairro 11 em operação, obedecendo o seguinte critério: lavar as mãos com água e sabão, colocar luvas, limpar a torneira com um pedaço de algodão humedecido com álcool, abrir a torneira e deixar escorrer a água durante 1 ou 2 minutos, fechar a torneira, abrir novamente a torneira e deixar escorrer por mais 2 ou 3 minutos, colectar a amostra de água, encher com pelo menos  $\frac{3}{4}$  de seu volume, tampar a garrafa, Identificá-la, anotando endereço, a hora e a data da colecta, o nome do colector; marcar a garrafa com o número da amostra, correspondente ao ponto de colecta; preencher a ficha de identificação da amostra de água, colocar o frasco da amostra no colmane e por fim trancar, identificar e enviar o colmane para o Laboratório Nacional de Higiene de Águas e Alimentos.



**Figura 3.5:** As figuras ilustram o processo de coleta de amostras de água no furo de água, os recipientes usados e o calmane com as amostras.

### 3.3.3.3. Análise laboratorial da água

Nesta fase foi feita a comparação dos resultados obtidos na análise de água pelo laboratório nacional de higiene de águas e alimentos, com os padrões recomendados pelo Diploma Ministerial nº 180/2004 do MISAU, Regulamento Sobre a Qualidade de Água para o Consumo Humano e pela Organização Mundial da Saúde (OMS). Os principais parâmetros analisados são apresentados na tabela 3.3, foram analisados devido a presença de fossas sépticas não impermeabilizadas, resíduos sólidos, oficinas mecânicas e sobreposição de furos na área de estudo. A avaliação dos resultados do laboratório fez-se com recurso ao *Microsoft Office Excel*.

**Tabela 3.3:** Principais parâmetros analisados na qualidade de água dos furos

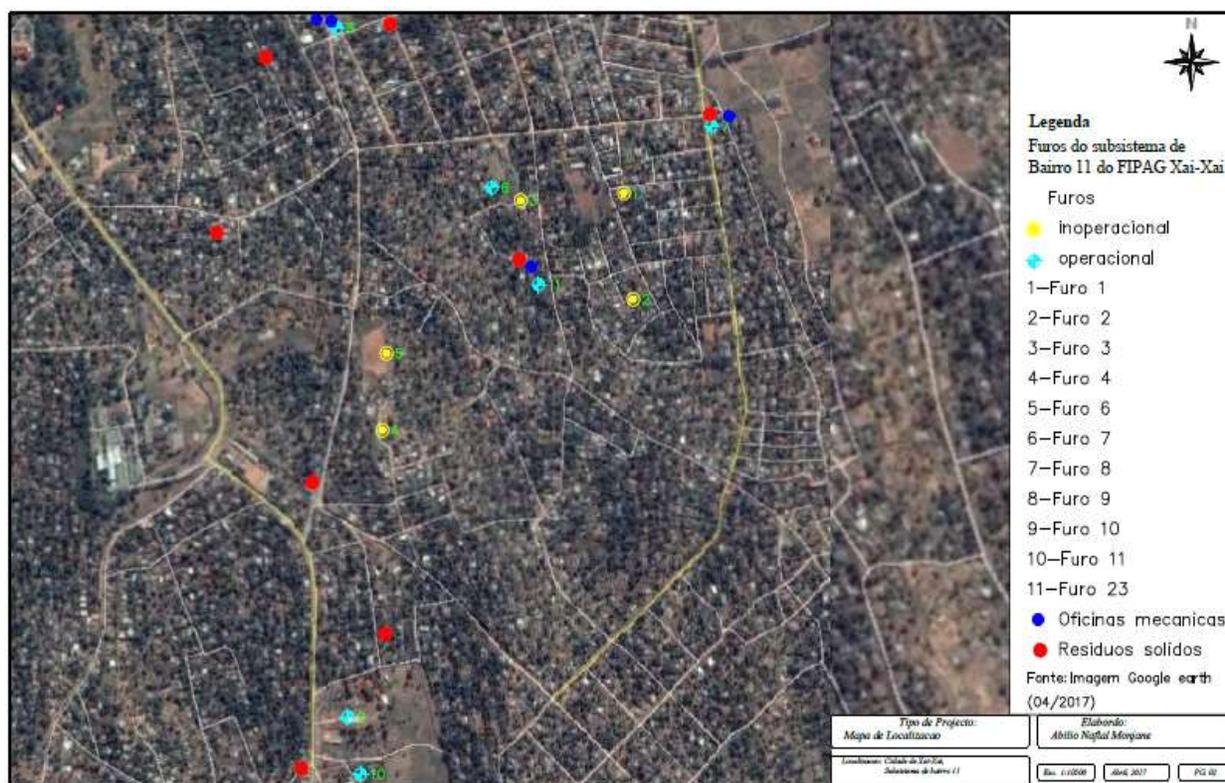
<b>Parâmetros</b>	<b>VMP<sup>1</sup> pelo (MISAU 2004)</b>	<b>VMP pela (OMS 1995)</b>	<b>Unidade</b>
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	50	10	mg/l
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	3	1	mg/l
Fósforo Total (PO <sub>4</sub> )	0.1	0.1	mg/l
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	250	250	mg/l
Cloretos	250	250	mg/l
Potencial de Hidrogénio (pH)	6.5-8.5	< 8,0	
<i>E. coli</i>	<1	–	ufc/100ml
Dureza Total	500	500	mg/l
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	–	≤ 10	mg/l
Óleos e Gorduras	–	≤ 1	% m/v
Condutividade Eléctrica	50-2000		µs/cm

**Fonte:** Adaptado do Diploma Ministerial 180/2004 e OMS 1995

<sup>1</sup> Valor máximo permitido

## IV. RESULTADOS

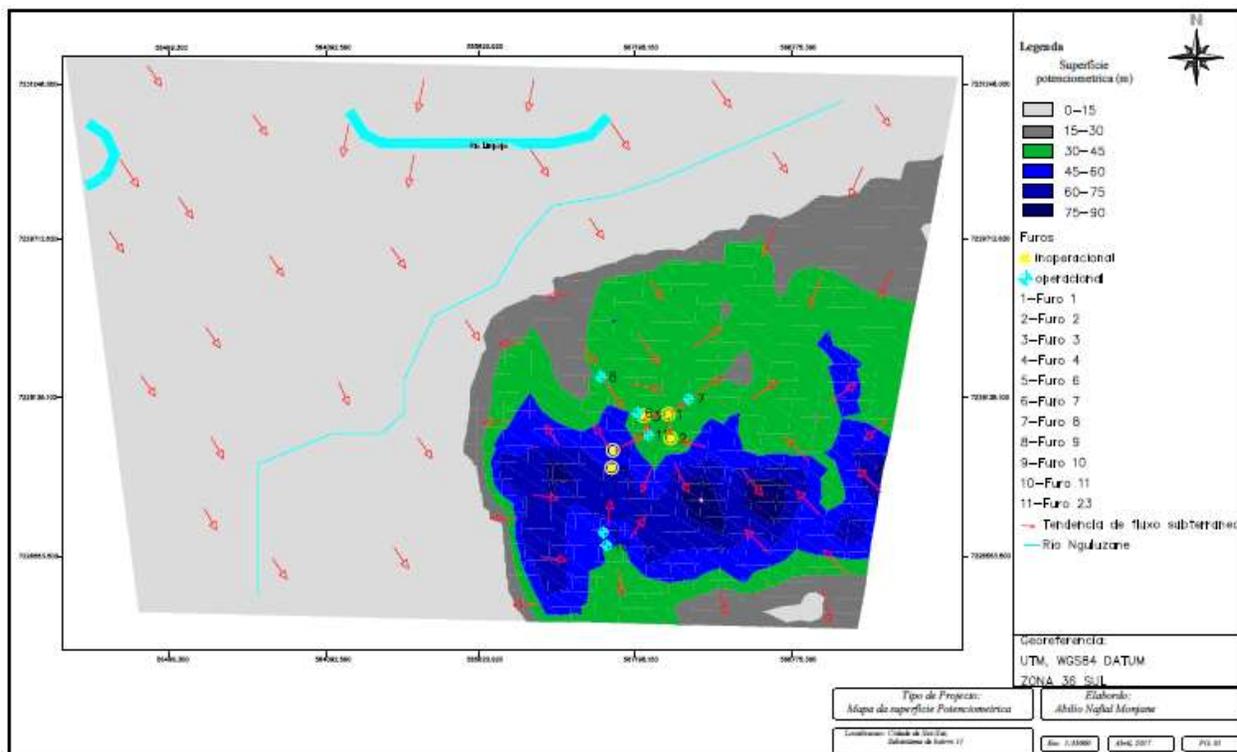
Os dados obtidos na avaliação hidrodinâmica e qualidade de água, como os mapas de localização dos furos e indicação dos focus de poluição, superfície potenciométrica e tendência de fluxo subterrâneo, raios do cone de influência dos furos, possibilitaram o diagnóstico da hidrodinâmica e da qualidade de água subterrânea no subsistema de bairro 11.



**Figura 4.1:** Mapa de localização dos furos do subsistema de bairro 11, com indicação de focos de poluição

### 4.1. Superfície potenciométrica da área de estudo

No mapa da superfície potenciométrica observa-se variação de 0 m a 90 m de altitude. Nas cotas mais baixas encontram-se os rios Limpopo e Nguluzane, sendo o rio Limpopo responsável pela recarga do aquífero, sendo que o rio tem água todo ano e nas cotas mais elevadas é onde localizam-se os furos monitorados, como pode ser visto na figura 4.2.



**Figura 4.2:** Mapa da superfície potenciométrica e tendência de direção de fluxo subterrâneo no subsistema de B11, Cidade de Xai-Xai.

Na verificação das superfícies potenciométricas nos diferentes meses, com base nos dados registados durante o período de monitoramento, observou-se a variação da superfície potenciométrica, sendo de forma negativa para 4 dos 6 furos do subsistema em operação, ver na tabela 4.1.

**Tabela 4.1:** Cotas das superfícies potenciométricas nos diferentes meses

Furos	Cota (m)	Média do	SP	Média do	SP	SP Fev/Mar -
		NA Fev/Mar	Fev/Mar	NA Abr/Mai	Abr/Mai	SP Abr/Mai
Furo 7	29	4.94	24.06	4.69	24.31	-0.25
Furo 8	41	3.17	37.83	3.43	37.57	0.26
Furo 9	37	2.57	34.43	2.69	34.31	0.12
Furo 10	60	6.21	53.79	6.09	53.91	-0.12
Furo 11	53	9.76	43.24	9.49	43.51	-0.27
Furo 23	29	6.78	22.22	6.21	22.79	-0.57

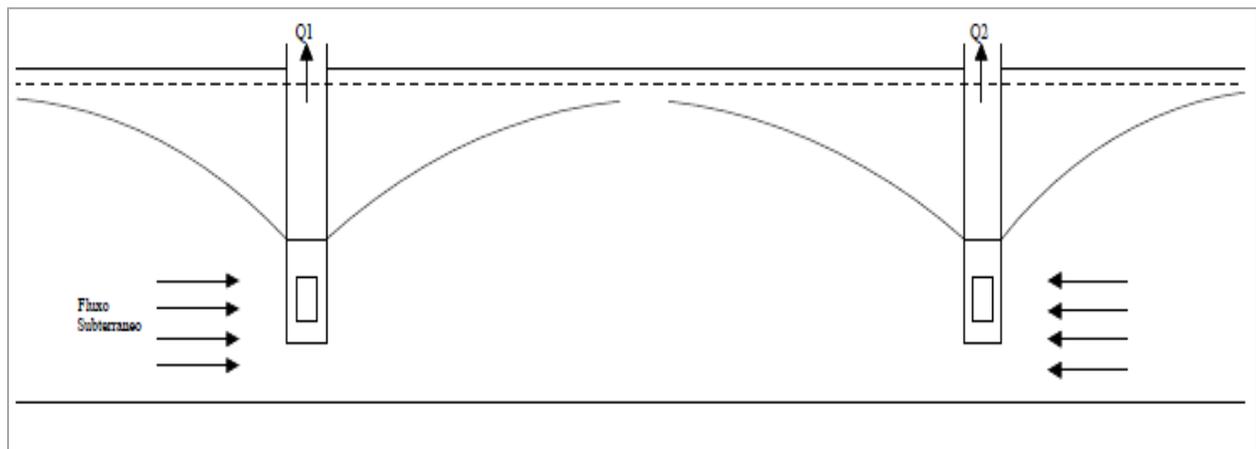
SP = Superfície potenciométrica; NA= Nível da Água.

#### 4.2. Raio do cone de influência dos furos

De acordo com as distâncias encontradas no terreno entre os furos activos, indicam que foram respeitados os parâmetros recomendados para a construção de furos na mesma área, excepto a distância entre o furo 10 e 11 que encontra-se abaixo do intervalo recomendado, em relação a distâncias com latrinas e residências todos os furos não obedecem os intervalos recomendados. Os calculos efectuados dos raios de influência dos furos activos mostram que não ha influência entre os furos, em função do caudal recomendado para cada furo (figura 4.3).

**Tabela 4.2:** Raios de influência e as principais distâncias dos furos activos no subsistema de B11

Furos	Raio de Influência (m)	Furos	Distâncias (m)
Furo 7	19.67	Furo 7 – Furo 23	243.08
Furo 8	40.93	Furo 8 – Furo 7	537.20
Furo 9	55.02	Furo 9 – Furo 7	511.58
Furo 10	20.84	Furo 10 – Furo 11	131.40
Furo 11	33.19	Furo 11 – Furo 23	1171.75
Furo 23	39.44	Furo 23 – Furo 8	547.38



**Figura 4.3:** Esquema de furos sem influência

### 4.3. Comparação da taxa de recarga do aquífero com os dados pluviométricos

Durante o período de medição dos níveis hidrodinâmicos dos furos houve uma recarga total de 30,1 mm, correspondendo a 6,1% do total precipitado, que foi de 500,4 mm. A taxa de recarga total foi relativamente baixa quando comparada a precipitação, podendo ser atribuída ao facto da área se localizar na zona urbana com elevado desnível do terreno, à influência de factores antropogênicos, como impermeabilização.

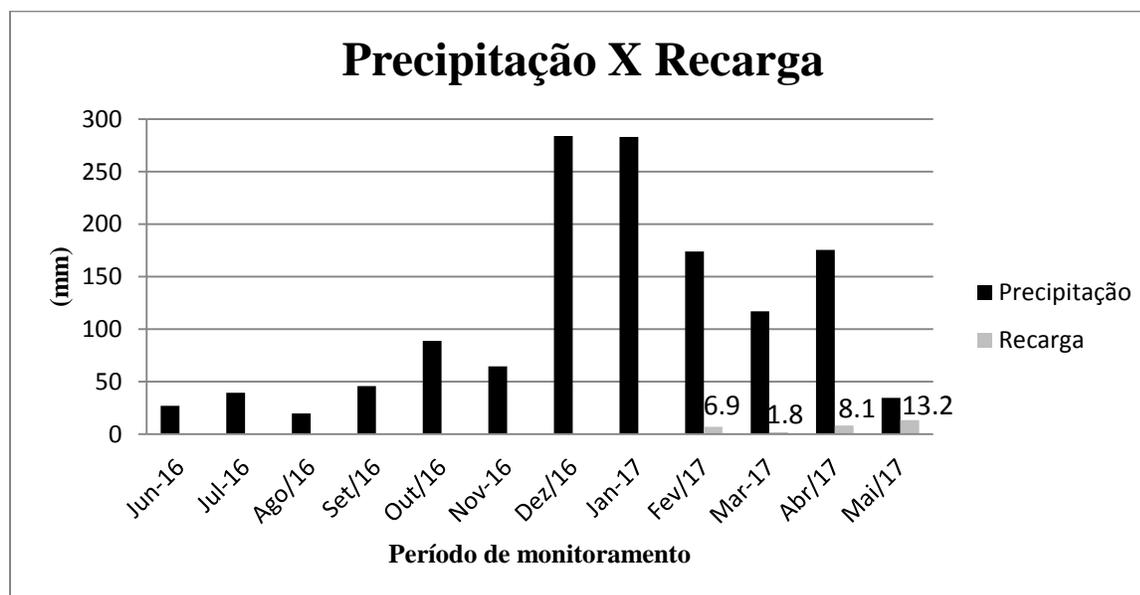
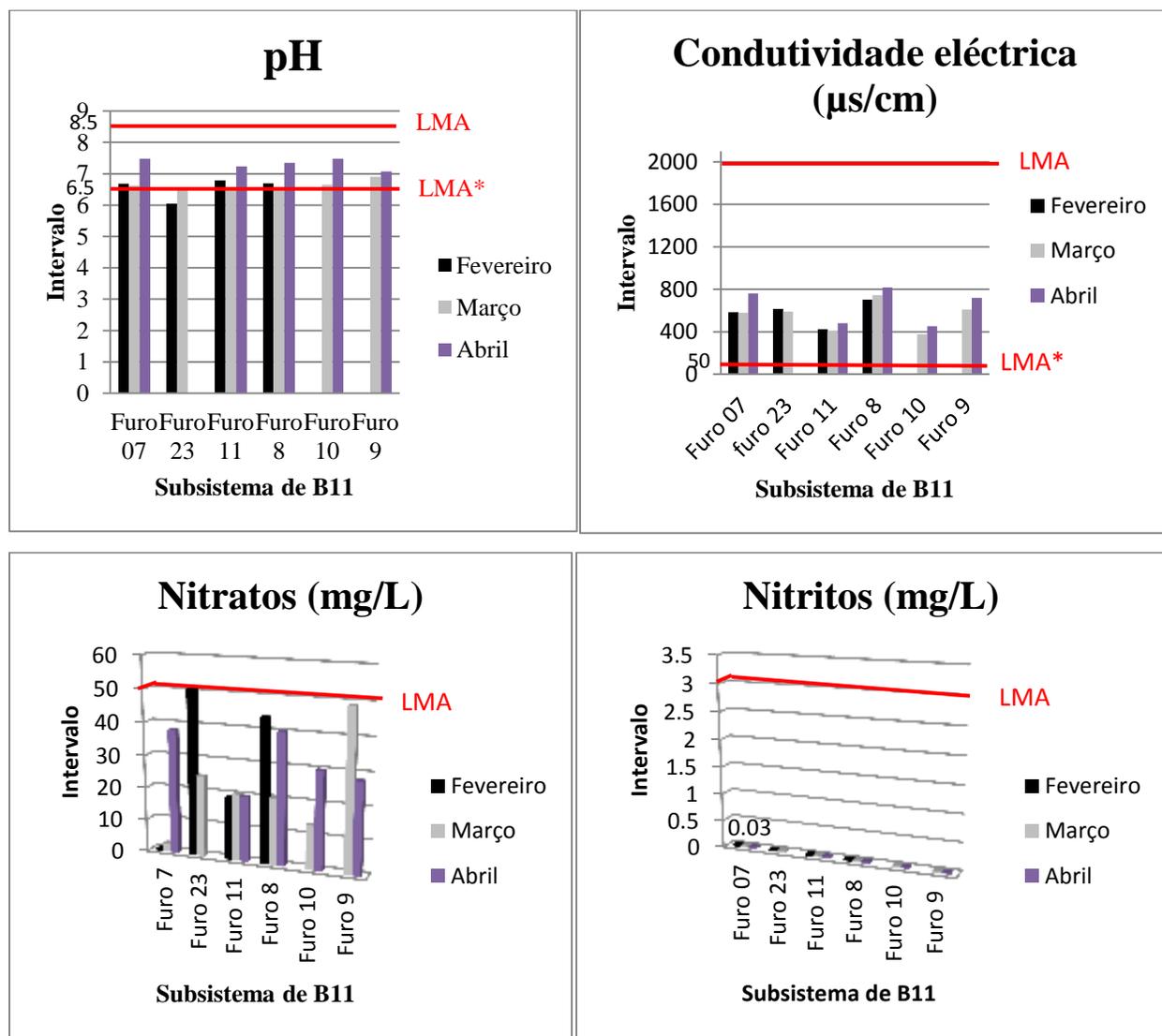


Figura 4.4: Níveis precipitados e recarregados na cidade de Xai-Xai no período monitorado.

#### 4.5. Qualidade de água

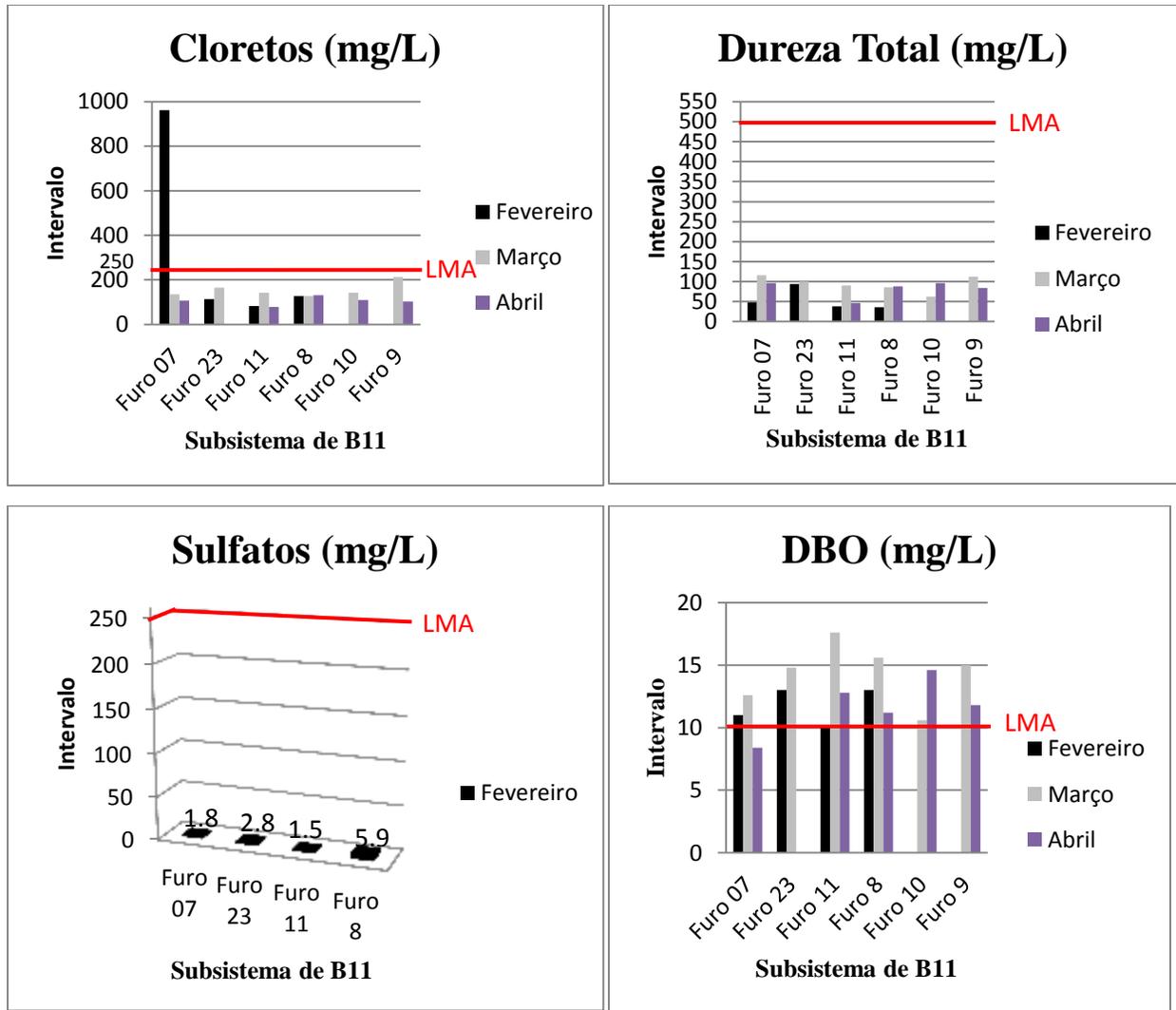


**Figura 4.5:** Variação de temporal dos valores de pH, Condutividade, Nitratos e Nitritos.

LMA - Limite máximo admissível

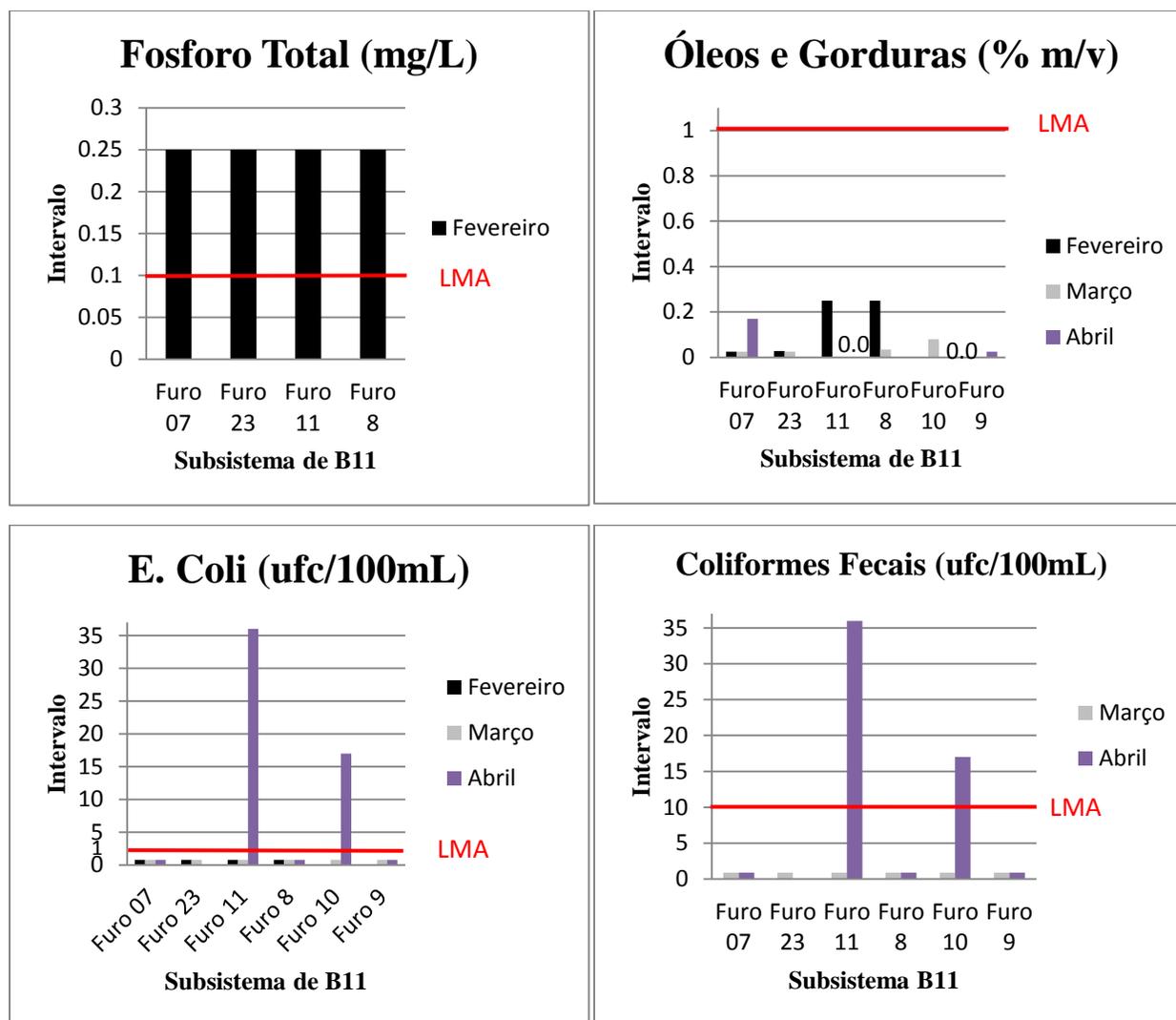
LMA\* - Limite mínimo admissível

Em relação a figura 4.5, nos furos em operação do subsistema B11, o pH no mês de Fevereiro no furo 23 apresentou valor abaixo do intervalo recomendado, os restantes furos apresentaram-se dentro do intervalo, nos meses de Março e Abril todos os furos apresentaram valores dentro do intervalo, a condutividade e os nitritos apresentaram valores dentro dos limites admissíveis nos três meses de análise, enquanto que os Nitratos no furo 23 apresentaram valor acima do limite admissível no mês de fevereiro, os restantes furos encontraram-se dentro do limite admissível.



**Figura 4.6:** Variação de temporal dos valores de Cloratos, Dureza Total, Sulfatos e DBO.  
LMA - Limite máximo admissível

A figura acima mostra que os cloratos no furo 7 apresentaram valor muito acima do limite máximo admissível no mês de Fevereiro, os restantes furos nos meses de Fevereiro, Março e Abril apresentaram valores dentro dos limites admissíveis, a dureza total e os sulfatos apresentaram valores dentro dos limites admissíveis em todos os furos nos três meses de análise, sendo que os sulfatos foram analisados apenas em Fevereiro, a DBO apresentou-se acima do limite admissível em todos os furos nos três meses de análises, excepto no furo 23 em Abril.



**Figura 4.7:** Variação de temporal dos valores de Fosfato Total, Óleos e Gorduras, E. Coli e Coliformes fecais. LMA - Limite máximo admissível

De acordo com a figura 4.7, o fosforo total no mês de Fevereiro apresentou valores acima do limite admissível em todos os furos em relação o limite de quantificação, os óleos e gorduras apresentaram valores dentro do limite admissível nos três meses de análises, sendo que nos meses de Março os furo 11 e 9; Abril os furos 11, 8 e 10 apresentaram zero óleos e gorduras, enquanto que os coliformes fecais e E. Coli apresentaram valores acima dos limites admissíveis nos furos 11 e 10 no mês de Abril e nos restantes furos em todos os meses apresentaram valores dentro dos parâmetros acreditados.

## V.DISCUSSÃO

A flutuação da superfície potenciométrica pode ser dada por diversos factores, tais como a exploração de água do aquífero, a vazão de rios com os quais o aquífero esteja conectado, uso e ocupação do espaço em áreas de recarga (principalmente pela agricultura e seu manejo, mais especificamente irrigação e drenagem), a precipitação pluviométrica (inclusive relacionada com a flutuação da temperatura da superfície oceânica (TANCO e KRUSE, 2001).

Sendo raio de influência, a distância para a qual o efeito de bombagem de um furo é nulo, ou seja, é a distância limite do cone de rebaixamento. A interferência irá reduzir o rendimento potencial dos furos envolvidos. Em severas circunstâncias, interferência entre furos pode causar rebaixamentos que tornam furos superficiais em furos secos. Por essa razão a construção e exploração desses furos deve obedecer o regulamento de pesquisa e exploração de águas subterrâneas da Associação de Perfuração de Moçambique (2007) e internacionais como ABNT NB-588 - Projecto de poços para captação de água subterrânea, para que haja garantia de não interferência, entre o furos a ser construídos e os furos já existentes.

Em relação a correlação entre os níveis de água dos aquíferos e os dados pluviométricos, para BARRETO *et al.* (2007), a precipitação, em geral, é o principal fenômeno responsável pela recarga, contudo, para aquíferos livres a quantificação se torna difícil, visto que o processo envolve o fluxo na zona não-saturada, que está sujeito a diversos factores.

A recarga também é induzida por fugas da rede de distribuição de água tratada e dos esgotos, o que minimiza o impacto negativo da redução da recarga, ainda que, muitas vezes, possa agravar problemas de contaminação do aquífero.

Em relação a qualidade de água, para BARROS (1995), as alterações de pH podem ter origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais). Em águas de abastecimento, baixos valores de pH podem contribuir para sua corrosividade e agressividade, enquanto que valores elevados aumentam a possibilidade de incrustações.

Nas análises feitas em todos os furos o pH somente no mês de Fevereiro no furo 23 apresentou-se abaixo do intervalo recomendado pelo Diploma Ministerial 180/2004 do MISAU sobre a qualidade de água para o consumo humano.

A variação da condutividade eléctrica das águas subterrâneas está associada, principalmente, à composição química das águas das chuvas, à quantidade de minerais dissolvidos, com a profundidade e com a natureza dos terrenos geológicos. Sabe-se que na época de estiagem os açudes e poços têm seus níveis de concentrações de sais mais elevados, principalmente nesta época, quando também são mais elevadas a temperatura e a evapotranspiração (HEM, 1985).

Quanto maior a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade eléctrica da água.

Portanto, por as análises terem sido feitas na época chuvosa, todos os resultados obtidos em todos os furos encontram-se dentro dos limites admissíveis recomendados pelo Diploma Ministerial 180/2004 do MISAU sobre a qualidade de água para o consumo humano.

O nitrato em águas subterrâneas origina-se principalmente de quatro fontes: aplicação de fertilizantes com nitrogênio, bem como inorgânicos e de esterco animal, em plantações; cultivo do solo; esgoto humano depositado em sistemas sépticos e deposição atmosférica (BAIRD; CANN, 2011).

Os Nitratos no furo 23 apresentaram-se acima do limite admissível no mês de fevereiro e nos restantes furos encontraram-se dentro do limite admissível de acordo com o Diploma Ministerial 180/2004 do MISAU sobre a qualidade de água para o consumo humano.

O nitrito é uma forma química do nitrogênio normalmente encontrada em pequenas quantidades nas águas superficiais e subterrâneas, pois o nitrito é instável na presença do oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária. A presença do íon nitrito indica a ocorrência de processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica (BASTOS, 2007).

Os nitritos apresentaram-se dentro dos limites admissíveis nos dois meses de análise, apresentando valores menores que o limite de quantificação de acordo com o Diploma Ministerial 180/2004 do MISAU sobre a qualidade de água para o consumo humano.

Concentrações altas de cloretos podem restringir o uso da água em razão do sabor que eles conferem e pelo efeito laxativo que eles podem provocar. Os cloretos provocam sabor “salgado” na água, sendo o cloreto de sódio o mais restritivo por provocar sabor em concentrações da ordem de 250 mg/L, valor este que é tomado como padrão de potabilidade. No caso do cloreto de cálcio, o sabor só é perceptível em concentrações de cloreto superior a 1000 mg/L.

De acordo com os resultados das análises feitas nos furos em operação, o furo 7 no mês de Fevereiro apresentou cloretos muito acima do limite máximo admissível recomendado pelo Diploma Ministerial 180/2004 do MISAU Sobre a Qualidade de Água para o Consumo Humano.

Dureza total abaixo de 50 mg/L  $\text{CaCO}_3$  a água é considerada mole e de grande proveito para utilização direta. Acima de 150 mg/L  $\text{CaCO}_3$  a mesma encontrase classificada como água dura e seu uso requer tratamento de abrandamento, dependendo da finalidade de uso (LIBÂNIO, 2005).

As variações das concentrações de dureza total nos furos analisados indica água mole nos furos 7, 11 e 8 no mês de Fevereiro, sendo que todos os resultados obtidos nas análises feitas em todos os furos encontram-se dentro dos limites admissíveis recomendados pelo Diploma Ministerial 180/2004 do MISAU sobre a qualidade de água para o consumo humano.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), o homem está exposto a um consumo médio diário de cerca de 500 mg de sulfatos provenientes da água, do ar e dos alimentos. No entanto, em áreas com abastecimento de água contendo altos níveis de sulfatos, pode constituir a principal fonte de exposição.

Surgem nas águas subterrâneas através da dissolução de solos e rochas, como o gesso ( $\text{CaSO}_4$ ) e o sulfato de magnésio ( $\text{MgSO}_4$ ) e pela oxidação de sulfeto.

Como ilustra a figura 4.6, os sulfatos apresentaram valores dentro dos limites admissíveis em todos os furos na análise feita no mês de Fevereiro, de acordo com o regulado pelo Diploma Ministerial 180/2004 do MISAU sobre a qualidade de água para o consumo humano.

Sendo a DBO o parâmetro utilizado para identificar a presença de matéria orgânica na água, com a função de indicar o consumo ou a demanda de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica presente na água. Os resultados obtidos em nas análises feitas em todos os furos em operação, encontram-se fora dos limites admissíveis recomendados pela OMS 1995, visto que o Diploma Ministerial 180/2004 do MISAU sobre a qualidade de água para o consumo humano, não inclui o parâmetro DBO.

A presença do fósforo na água pode estar relacionada a processos naturais, como dissolução de rochas, carreamento de solo, decomposição de matéria orgânica, e também a processos

antropogênicos, como lançamento de esgotos, detergentes, fertilizantes e pesticidas (PIVELI e KATO, 2006).

Em todas as análises feitas no mês de Fevereiro para os 4 furos em operação no momento, todos os resultados apresentaram-se fora dos limites admissíveis de acordo com Diploma Ministerial 180/2004 do MISAU sobre a qualidade de água para o consumo humano.

Os óleos e gorduras são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. São raramente encontrados em águas naturais, normalmente oriundos de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, bombas de combustível, estradas e vias públicas. Os despejos de origem industrial são os que mais contribuem para o aumento de matérias gorduras no corpos de água. A pequena solubilidade dos óleos e gorduras constitui um fator negativo no que se refere à sua degradação em unidades de tratamento água para abastecimento público.

Com os resultados encontrados nas análises feitas nos furos em operação, óleos e gorduras apresentaram-se dentro dos limites admissíveis, sendo que no mês de Março nos furo 11 e 9 apresentaram zero óleos e gorduras, os resultados obedecem os limites regulados pelo Diploma Ministerial 180/2004 do MISAU sobre a qualidade de água para o consumo humano.

A *Escherichia coli* é a bactéria mais representativa dentro do grupo dos coliformes termotolerantes. Assim sendo, sua presença é indicativa de coliformes fecais, pois esta bactéria é habitante do trato intestinal de humanos e animais de sangue quente (SALVATORI, 1999).

De acordo com os resultados na figura 4.7, as concentrações de E. Coli apresentaram valores dentro do parâmetro acreditado nos três meses com exceção dos furos 11 e 10 no mês de Abril que os valores apresentaram-se acima do limite máximo admissível de <1 ufc/100ml consoante o Diploma Ministerial 180/2004 do MISAU sobre a qualidade de água para o consumo humano. Sendo que para OMS (1995), deve ser ausente para que se possa considerar própria para o consumo humano.

As bactérias coliformes podem ser introduzidas nos sistemas de poços no momento da instalação da bomba ou quando as tubulações forem abertas para fins de restauração, visto que a abertura de

qualquer parte do sistema oferece uma oportunidade para introdução de matéria estranha (KOTTWITZ e GUIMARÃES, 2001).

Consoante a figura 4.7, os Coliformes Fecais no mês de Abril apresentaram valores acima do limite admissível nos furos 11 e 10, apresentaram valores dentro do parâmetro acreditado nos 6 furos analisados no mês de Março, de acordo com o Diploma Ministerial 180/2004 do MISAU sobre a qualidade de água para o consumo humano.

## VI. CONCLUSÃO

A aplicação do método WTF nos furos do subsistema de bairro 11 demonstrou resultados não satisfatórios, uma vez que foram encontrados valores não plausíveis de recarga para a área de estudo, a comparação dos resultados das estimativas de recargas com os dados de precipitação do período de estudo demonstraram grande diferença, sendo as estimativas extremamente baixas, a maior recarga do aquífero é garantida pelo rio Limpopo.

Todos os furos do subsistema não obedecem aos padrões recomendados em relação as distâncias mínimas com latrinas, residências, fossas sépticas, que geram uma carga contaminante significativa de nitratos, coliformes fecais e *E. coli*, que atinge os aquíferos e ameaça a qualidade das águas subterrâneas, também a espessura que separa o nível de água no aquífero e a profundidade das latinas e fossas sépticas é muito menor na ordem de 2m. As actividades antrópicas decorrentes na área, as oficinas mecânicas os despejos inadequados de óleos no solo, os resíduos sólidos lançados na superfície e as covas abertas no interior dos quintais nas proximidades dos furos poluem as águas subterrâneas, sendo que das 15 amostras de água analisadas 4 não corresponderam aos requisitos de potabilidade de acordo com o regulamento de água para o consumo humano, Diploma Ministerial 180/2004.

Os estudos indicam que a ocupação urbana inadequada ameaçam os níveis hidrodinâmicos e qualidade das águas subterrâneas, as pavimentações existentes, o elevado desnível do terreno, as intensas chuvas que se fazem sentir na área de estudo gerando elevado escoamento superficial, impedem a infiltração adequada, assim dificultando a recarga normal do aquífero.

Os 6 furos em operação monitorados no subsistema, os furos 8 e 9 em termos de níveis hidrodinâmicos apresentaram uma subida de nível de água e em relação a qualidade de água corresponderam aos requisitos de potabilidade de acordo com o regulamento de água para o consumo humano, Diploma Ministerial 180/2004, facto aliado a localização dos furos que encontram-se em um espaço aberto com um desnível terreno acentuado.

Frente aos resultados obtidos é importante dar continuidade do monitoramento para avaliação do comportamento do NA em longo prazo como subsídio para a tomada de decisões quanto ao uso e conservação das águas subterrâneas.

## VII. RECOMENDAÇÕES

Devido a construção de latrinas, fossas sépticas não impermeabilizadas na Cidade Xai-Xai, a vulnerabilidade dos aquíferos, o FIPAG deve trabalhar em parceria com o conselho municipal local.

1. Intervir com acções em vista a mitigar a vulnerabilidade dos aquíferos, adoptar campanhas de educação cívica para que se evite a poluição dos aquíferos.
2. A abertura de novos furos de bombagem destinados à captação de água para o abastecimento deve levar em consideração as distâncias mínimas recomendadas para que não haja interferência entre furos.
3. A fiscalização nas construções de fossas sépticas para garantir a impermeabilização e o encerramento das latrinas à menos de 100m ou impermeabilização das mesmas, visto que estão assentes em solo arenoso.
4. A construção de piezómetros ao longo da área de estudo para facilitar o monitoramento dos furos.
5. À colocação de conectores de em pontos extratéticos nas zonas com défice de ordenamento territorial pra facilitar a recolha de resíduos sólidos.
6. À montagem de torneiras em todos os furos para a coleta de amostras de água.
7. À reserva de áreas verdes com plantas de raízes de profundidades menores na área de estudo para a recarga do aquífero ou seja mapeamento das zonas de recarga para a proteção.
8. Promover campanhas de informações e sensibilização para uma melhor racionalização da água.
9. Testar a metodologia apresentada na pesquisa em outros subsistemas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMARAL, L.A.; ROSSI Jr, O.D.; NADER FILHO, A.; ALOEXANDRE, A.D. Avaliação da qualidade higiênico-sanitária da água de poços rasos localizados em uma área urbana: utilização de colifagos em comparação com indicadores bacterianos de poluição fecal. Rev. Saúde Pública, 28: 345-8, 1994.
2. ANDRADE NETO, C. O. Sistemas Simples para Tratamento de Esgotos Sanitários – Experiência Brasileira. Rio de Janeiro, ABES, 1997. 301p.
3. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NB-588 - Projeto de Poços para Captação de Água Subterrânea. Outubro de 1995
4. BAIRD, C.; CANN, M. *Química Ambiental*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
5. BAIRD, Colin. *Química Ambiental*. Porto Alegre: Bookman, 2002.
6. BARRETO, C.E.A.G. et al. (2007) Definição de um modelo de balanço hídrico para uma bacia representativa localizada em zona de afloramento do Sistema Aquífero Guarani. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo – SP.
7. BARRETT, M.H.; HISCOCK, K.M.; PEDLEY, S.; LERNER, D.N.; TELLAM, J.H.; FRENCH, M.J. (1999). *Marker species for identifying urban groundwater recharge sources – the Nottingham case study*. Water Resources, 33 (14), p.3083–3097.
8. BARROS, R. T. V. et al. Saneamento. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.
9. BAUMGARTEN, M. G.; POZZA, S. A. Qualidade de águas. Descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental. Rio Grande: Ed. FURG, 2001. 166p.
10. BOUWER, H. - “Artificial recharge of groundwater: Hydrogeology and engineering” 2002.
11. BRUNETTI, Franco. Mecânica dos fluidos. São Paulo: Pearson, 2005.
12. CAMPOS, J. E. G. Caracterização Hidrogeológica e Locação de Poços Tubulares Profundos. [S.l.]: Mineração Catalão de Goiás Ltda/HGeo, Tecnologia em Geociências, 2003.
13. CEDERSTRON, D.J. Água Subterrânea - Uma Introdução. Rio de Janeiro, 1964.
14. COSTA, M. L. M. et al. proposição de critérios de outorga para águas subterrâneas. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 16, n.1, p. 105-113 Jan/Mar 2011,

15. CUSTODIO E., LLAMAS R. (1983). Hidrologia Subterrânea. Ediciones Omega, S.A., Barcelona, Espanha, Vol. 1 e 2, 2350 p.
16. CUSTODIO, Emilio & LLAMAS, Manuel Ramon. Hidrología Subterránea. Barcelona, 1996.
17. FEITOSA, F.A.C. e FILHO, J. M. 2000, segunda edição. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. CPRM. LABHID-UFPE.
18. FREEZE, R.A.; CHERRY, J.A. Groundwater. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 604 p, 1979.
19. FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. M. & ALMEIDA, L. M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 17(3):651-660, mai-jun, 2001.
20. GIAMPÁ, C.E.Q & GONÇALES, V.G. Orientações para a Utilização de Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo. ABAS - Associação Brasileira de águas subterrâneas; FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; DMA - Departamento de Meio Ambiente. 2005.
21. HALLIDAY D, Resnick R. e WALKER J., Fundamentos de Física, Volume 2. Livros Técnicos e Científicos Editora SA - LTC, 8ª Ed., 2009
22. HEM, J. D. (1985) - Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. Washington: United States Geological Survey, 263p.
23. HIRATA, R. "Os recursos hídricos subterrâneos e as novas exigências ambientais." Revista do Instituto Geológico de São Hydrogeology Journal. N.10, 1993. pp. 121-142.
24. IRITANI, M.A. & EZAKI, S. As águas subterrâneas do Estado de São Paulo. Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SMA, Instituto Geológico – São Paulo: 2008.
25. Kottwitz, L.B.M.; Guimarães, I. M. Avaliação da qualidade microbiológica da água consumida pela população de Cascavel, PR. Revista Higiene Alimentar, v.17, nº113, 2003.
26. LERNER, D.N. (1990). *Groundwater recharge in urban areas*. Atmos. Environment, 24 B(1), p. 29-33.
27. LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas: Átomo, 2005.
28. Manual de perfil do distrito de Xai-Xai, Província de Gaza, 2005.

29. NETO, D.C.; KIANG, C.H. (2008) Aplicação do Método de Flutuação de Nível da Água para a estimativa de recarga Exemplo do Aquífero Rio Claro. *Águas Subterrâneas*, v.22, n.01, p.39-48.
30. OLIVEIRA, C. de. Curso de Cartografia Moderna. IBGE, RJ, 1988.
31. OLIVEIRA, M.J.P.M. – “Recarga de águas subterrâneas. Métodos de avaliação”. Dissertação submetida à Universidade de Lisboa para obtenção do grau de Doutor em Geologia (Hidrogeologia). Universidade de Lisboa, Lisboa. 2004. 440 pp.
32. PEDROSA, Célio Augusto; CAETANO, Francisco A. *Águas Subterrâneas*. Agência Nacional de Águas (ANA). Brasília. 2002.
33. PINTO, C. - Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Concelho de Lisboa – Zona Ocidental. Relatório de Estágio Profissionalizante. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, 2003.
34. PIVELI, R. P.; KATO, M. T. *Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos*. 1ª. ed. São Paulo/SP: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 01. 2006.
35. PORTO, R.L.L.; BRANCO, S.M.; CLEARY, R.W.; COIMBRA, R.M.; EIGER, S.; LUCA, S.J.; NOGUEIRA, V.P.Q.; PORTO, M.F.A. *Hidrologia Ambiental*. 3a ed. Edusp, São Paulo, 1991.
36. RAISZ, E. *Cartografia Geral*. Rio de Janeiro, Ed. Científica, 1969.
37. REGULAMENTO DE PESQUISA E EXPLORAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA ASSOCIAÇÃO DE PERFURAÇÃO DE MOÇAMBIQUE, 2007.
38. ROCHA, Gerônimo Albuquerque & JORBA, Antônio Ferrer. *Manual de Operação e Manutenção de Poços*. Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo - DAEE. 1982.
39. ROCHA, Julio Cesar; ROSA, André Henrique; CARDOSO, Arnaldo Alves. *Introdução à química ambiental*. Porto Alegre: Bookman, 2004.
40. SALVATORI, Rosângela U. Determinação da presença de *Salmonella Sp.* Em embutidos de carne suína. 1999.
41. SANTOS, C. B. Caracterização do impacto na qualidade das águas subterrâneas, causado pela disposição dos resíduos sólidos urbanos no aterro municipal da cidade de Feira de Santana – BA. Salvador, 2004.

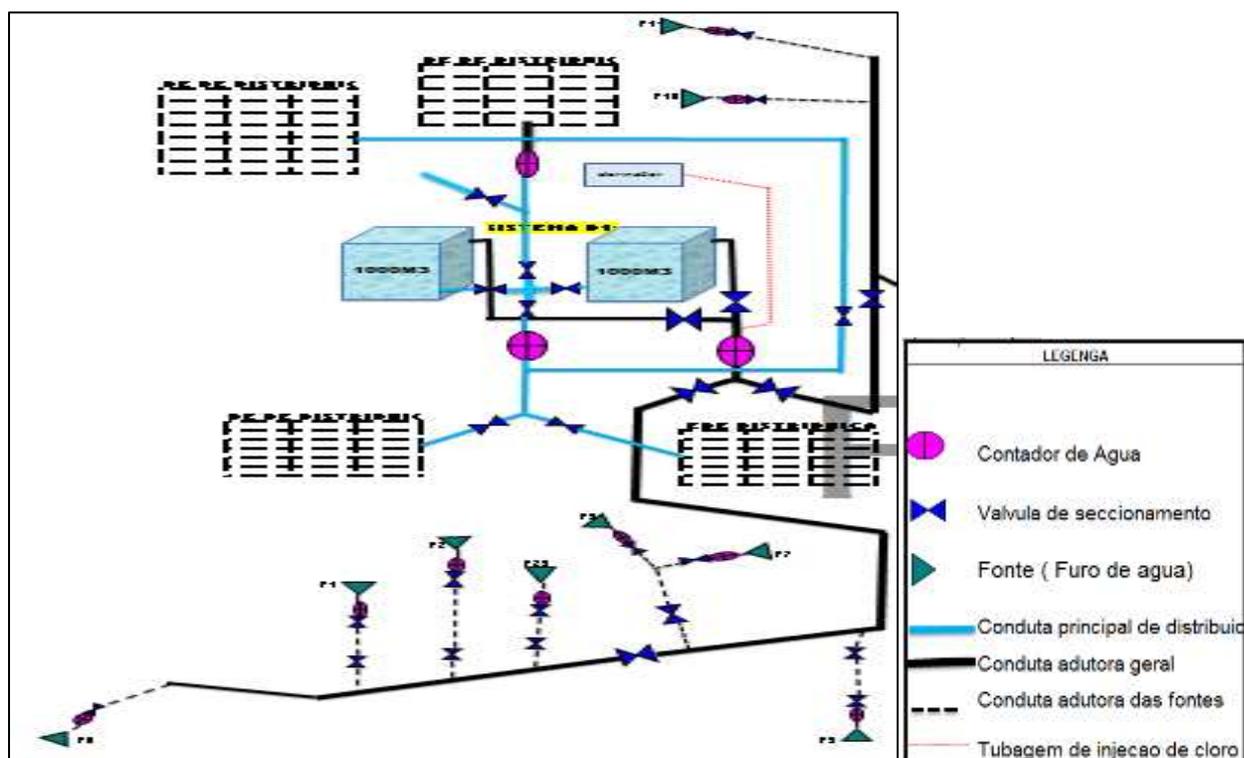
42. SANTOS, ELIANE FERREIRA DOS; SILVÉRIO DA SILVA, J. L.; CHAVES, A. CAMPONOGARA. I. Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas do sistema aquífero serra geral/guarani no município de quaraí/rs, 2007.
43. Santos, M. C. S. R. Manual de fundamentos cartográficos e diretrizes Gerais para a elaboração de mapas geológicos, geomorfológicos e geotécnicos. São Paulo IPT 1990.
44. TANCO, R.; KRUSE, E. Prediction of seasonal water-table fluctuations in La Pampa and Buenos Aires, Argentina. *Hydrogeology Journal*, v.9, n.4, p.339-347, 2001.
45. TAYLOR, D.R.F. *Geographical Information Systems: the microcomputer and modern cartography*. Oxford, England, Pergamon Press, 1991,
46. VARNIER, C.; IRITANI, M.A.; VIOTTI, M.; ODA, G.H.; FERREIRA, L.M.R. Nitrato nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Bauru, área urbana do município de Marília (SP). *Revista do Instituto Geológico*, São Paulo, 31, n.1-2, 1-21, 2010.
47. VIVACQUA, M. C. R. Qualidade da Água do Escoamento Superficial Urbano. Revisão Visando o Uso Local. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.
48. VON SPERLING, M. V. Princípio do tratamento biológico de águas residuárias. IN: Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 1995.
49. WAHNFRIED, I. HIRATA, R. (2005) Comparação de Métodos de Estimativa de Recarga de Aquíferos em Uma Planície Aluvionar na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (São Paulo). *RBRH*. v.10, n.2, p.15-25.
50. WHITE, Frank M. *Mecânica dos fluidos*. 4. ed. Rio de Janeiro: McGraw-Hill, c1999.
51. WILLIAMS, A. E. Natural and anthropogenic nitrate contamination of groundwater in a rural community, California. *Environmental Science & Technology*, v. 32, n. 1, p. 32-9, 1998.
52. WILSON TEIXEIRA, Maria Cristina Motta de Toledo, Thomas Rich Fairchild, Fabio Taioli e Ivo Karmann. *Decifrando a Terra*, Oficina de textos, USP, 2000, Cap. 7
53. ZAPOROZEC, A. e J. Miller. *Groundwater pollution*. Paris, França: UNESCO. 2000.

## ANEXOS

**Tabela 1:** Valores sobre rendimentos específicos (Sy).

Material	Sy Minino (%)	Sy Médio (%)	Sy Máximo (%)
Argila	0,00	0,02	0,05
Argila arenosa	0,03	0,07	0,12
Silte	0,03	0,08	0,19
*Areia fina	0,10	0,21	0,28
Areia Média	0,15	0,26	0,32
Areia Grossa	0,20	0,27	0,35
Areia com pedregulho	0,20	0,25	0,35
Pedregulho fino	0,21	0,25	0,35
Pedregulho Médio	0,13	0,23	0,26
Pedregulho Grosso	0,12	0,22	0,26

Fonte: adaptado de Johnson 1967 (apud HEALY e COOK, 2002). \* faixa de Sy utilizado



**Figura 1:** Representação esquemática do subsistema do bairro 11

Fonte: FIPAG Xai-Xai, 2017



### Boletim de Análise de Água

7/UNHAA/CG/017  
Revisão: 02/A

Nº da Ficha: 02 Código: 999 SubCódigo: 999 Nº de Registo: 741/17

Proveniência da Amostra: Abílio Naftal Monjane - Furo 23, Bairro: Av./Rua, Nº

Tipo de Amostra: Água do Furo - Água para o Consumo Humano

Volume da Amostra: 1.5L

Data de Coleta da Amostra: 22-02-2017

Data de Início da Análise: 23-02-2017

Motivo: Controlo de Qualidade

Data de Fim da Análise: 28-02-2017

Entidade Requirente: Abílio Naftal Monjane

Resp. pela Coleta: Abílio Naftal Monjane

Parâmetro Analisado	Método	AC	Resultado	Limite Admissível		Unidade
				Máximo	Mínimo	
pH	Rotenciométrica MI B05	n	6.05	6,5	8,5	-
Condutividade	Condutimétrico MI B02	n	614	50	2000	µS/cm
Depósito	Visual	n	Ausente	-	Ausente	-
Cor	Visual MI B04	n	Incolor	-	Incolor	-
Turvação	Turbidimétrico MI B12	n	<5LQ	-	5	NTU
Nitrato	Absorção Molecular MI C07	n	50.77	-	50	mg/L NO3
Nitrito	Absorção Molecular MI C06	n	<0.03LQ	-	3	mg/L NO2
Clorato	Volumétrica MI C17	n	113.68	-	250	mg/L Cl
Amoníaco	Absorção Molecular MI C05	n	<0.04LQ	-	1,5	mg/L NH4
Dureza total	Volumétrica MI C14	n	94	-	500	mg/L CaCO3
Sulfatos	Absorção Molecular MI C22	n	3.8	-	250	mg/L SO4
BOD	Merométrico	n	13	-	-	mg/L
Fósforo Total	Absorção Molecular MI C18	n	<0.25LQ	-	0,1	mg/L PO4
Óleos e Gorduras	Gravimétrica depois de extração MI	n	0.028	-	-	% m/v
Quantificação de E.coli	MI - P/LNHAA/ML/110 2016-04-22	n	<1	-	<1	ufc/100mL



### Boletim de Análise de Água

PLNHAÁ/DQ/017  
Revisão/Edição: 01/04

Nº de Ficha: 03      Código: 999      SubCódigo: 999      Nº de Registo: 742a/17

Proveniência da Amostra: Abílio Naftal Monjane - Furo 11, Bairro: , Av./Rua: , Nº

Tipo de Amostra: Água do Furo - Água para o Consumo Humano

Volume da Amostra: 1.5L

Data de Colheita da Amostra: 22-02-2017

Data de Início da Análise: 23-02-2017

Motivo: Controlo de Qualidade

Data de Fim da Análise: 28-02-2017

Entidade Requisitante: Abílio Naftal Monjane

Resp. pela Colheita: Abílio Naftal Monjane

Parâmetro Analisado	Método	AC	Resul- tado	Limite Admissível		Unidade
				Máximo	Mínimo	
pH	Potenciométrico MI B05	n	6.79	6,5	8,5	-
Condutividade	Condutimétrico MI B02	n	423	50	2000	µs/cm
Depósito	Visual	n	Ausente	-	Ausente	-
Cor	Visual MI B04	n	Incolor	-	Incolor	-
Turvação	Turbidimétrico MI B12	n	<5LQ	-	5	NTU
Nitratos	Absorção Molecular MI C07	n	19.07	-	50	mg/L NO3
Nitritos	Absorção Molecular MI C06	n	<0.03LQ	-	3	mg/L NO2
Cloratos	Volumétrico MI C17	n	82.68	-	250	mg/L Cl
Amoniaco	Absorção Molecular MI C05	n	<0.04LQ	-	1,5	mg/L NH4
Dureza total	Volumétrico MI C14	n	38	-	500	mg/L CaCO3
Sulfatos	Absorção Molecular MI C22	n	1.5	-	250	mg/L SO4
BOD	Matométrica	n	10	-	-	mg/L
Fosforo Total	Absorção Molecular MI C18	n	<0.25LQ	-	0,1	mg/L PO4
Óleos e Gorduras	Gravimétrica depois da extração MI	n	0.25	-	-	% m/v
Quantificação de E.coli	MI - P/LNHAÁ/ML/110 2016-04-22	n	<1	-	<1	ufc/100mL

Pág. 1 de 2



### Boletim de Análise de Água

LNHAA/02/017  
 Avenida 24 de Maio, 110

Nº da Ficha: 04      Código: 999      SubCódigo: 999      Nº de Registo: 743/17

Proveniência da Amostra: Abílio Naftal Monjane - Furo B, Bairro , Av./Rua : , Nº

Tipo de Amostra: Água do Furo - Água para o Consumo Humano      Volume da Amostra: 1.5LQ  
 Data de Coleta da Amostra: 22-02-2017      Data de Início da Análise: 23-02-2017  
 Motivo: Controlo de Qualidade      Data de Fim da Análise: 28-02-2017  
 Entidade Requeirante: Abílio Naftal Monjane      Resp. pela Coheita: Abílio Naftal Monjane

Parâmetro Analisado	Método	AC	Resultado	Limite Admissível		Unidade
				Mínimo	Máximo	
pH	Potenciométrico MI B05	n	6.69	6,5	8,5	-
Condutividade	Conductimétrica MI B02	n	702	50	2000	µs/cm
Depósito	Visual	n	Ausente	-	Ausente	-
Cor	Visual MI B04	n	Incolor	-	Incolor	-
Turvação	Turbidimétrico MI B12	n	<5LQ	-	5	NTU
Nitrato	Absorção Molecular MI C07	n	43.93	-	50	mg/L NO3
Nitrato	Absorção Molecular MI C06	n	<0.03LQ	-	3	mg/L NO2
Cloro	Volumétrico MI C17	n	127.46	-	250	mg/L Cl
Amoníaco	Absorção Molecular MI C05	n	<0.04LQ	-	1,5	mg/L NH4
Dureza total	Volumétrico MI C14	n	96	-	500	mg/L CaCO3
Sulfato	Absorção Molecular MI C22	n	5.9	-	250	mg/L SO4
BOD	Mercurimétrico	n	13	-	-	mg/L
Fósforo Total	Absorção Molecular MI C18	n	<0.25	-	0,1	mg/L PO4
Óleos e Gorduras	Gravimétrico depois da extração MI	n	0.25	-	-	% m/v
Quantificação de E. coli	MI - P/LNHAA/MU/110-2016-04-22	n	<1	-	<1	ufc/100ml



### Boletim de Análise de Água

F/LNHAÁ/DQ/0017  
Revisão 03/2016

Nº da Ficha: 01      Código: 999      SubCódigo: 999      Nº de Registo: 740/17

Proveniência da Amostra: Abílio Naftal Monjane - Furo 07, Bairro: , Av./Rua: , Nº

Tipo de Amostra: Água do Furo - Água para o Consumo Humano

Volume da Amostra: 1.5L

Data de Colheita da Amostra: 23-02-2017

Data de Início da Análise: 23-02-2017

Motivo: Controlo de Qualidade

Data de Fim da Análise: 29-02-2017

Entidade Requiritante: Abílio Naftal Monjane

Resp. pela Colheita: Abílio Naftal Monjane

Parâmetro Analisado	Método	AC	Resultado	Limite Admissível		Unidade
				Mínimo	Máximo	
pH	Potenciométrico MI B05	n	6.68	6,5	8,5	-
Condutividade	Condutimétrico MI B02	n	583	50	2000	µs/cm
Depósito	Visual	n	Ausente	-	Ausente	-
Cor	Visual MI B04	n	Incolor	-	Incolor	-
Turvação	Turbidimétrico MI B12	n	<SLQ	-	5	NTU
Nitratos	Absorção Molecular MI C07	n	<0.5LQ	-	50	mg/L NO3
Nitritos	Absorção Molecular MI C06	n	<0.03LQ	-	3	mg/L NO2
Cloretos	Volumétrico MI C17	n	961.80	-	250	mg/L Cl
Amoníaco	Absorção Molecular MI C05	n	<0.04LQ	-	1,5	mg/L NH4
Dureza total	Volumétrico MI C14	n	48	-	500	mg/L CaCO3
Sulfatos	Absorção Molecular MI C22	n	1.8	-	250	mg/L SO4
BOD	Manométrico	n	11	-	-	mg/L
Fósforo Total	Absorção Molecular MI C18	n	<0.25LQ	-	0,1	mg/L PO4
Óleos e Gorduras	Gravimétrico depois da extração MI	n	0.025	-	-	% m/v
Quantificação de E.coli	MI - F/LNHAÁ/ML/110 2016-04-22	n	<1	-	<1	ufc/100ml

Pag. 1 de 2



### Boletim de Análise de Água

F/LNHA/00/007  
Revisão: 04/2016

Nº da Ficha: 06	Código: 999	SubCódigo: 999	Nº de Registo: 1494/17		
Proveniência da Amostra: Abílio Naftal Monjane - Água bruta Furo 7, Bairro: , Av./Rua: , Nº					
Tipo de Amostra: Água do Furo - Água para o Consumo Humano		Volume da Amostra: 1.5L			
Data de Colheita da Amostra: 29-03-2017		Data de Início da Análise: 30-03-2017			
Motivo: Controlo de Qualidade		Data de Fim da Análise: 30-04-2017			
Entidade Requirente: Abílio Naftal Monjane		Resp. pela Correta: Abílio Naftal Monjane			
Parâmetro Analisado	Método	AC	Resultado	Limite Admissível	Unidade
pH	Potenciométrico MI B05	n	6.63	Mínimo: 6,5 Máximo: 8,5	-
Condutividade	Condutimétrico MI B02	n	579	50 2000	µS/cm
Depósitos	Visual	n	Ausente	- Ausente	-
Cor	Visual MI B04	n	Íncolor	- Íncolor	-
Turvação	Turbidimétrico MI B12	n	<5LQ	- 5	NTU
Nitratos	Absorção Molecular MI C07	n	2.96	- 50	mg/L NO3
Nitros	Absorção Molecular MI C05	n	<0.03LQ	- 3	mg/L NO2
Cloratos	Volumétrico MI C17	n	125.00	- 250	mg/L Cl
Amoníaco	Absorção Molecular MI C05	n	<0.04LQ	- 1,5	mg/L NH4
Dureza total	Volumétrico MI C14	n	116	- 500	mg/L CaCO3
Ferro total	Absorção Molecular MI C22	n	<0.2LQ	- 0,3	mg/L Fe
BOD	Manométrico	n	12.6	- -	mg/L
Óleos e Gorduras	Gravimétrico depois de extração MI	n	0.025	- -	% m/v
Quantificação de Coliformes fecais	MI - F/LNHA/ML/110 2014-04-22	n	<1	- 10	ufc/100 mL
Quantificação de E.coli	MI - F/LNHA/ML/110 2016-04-22	n	<1	- <1	ufc/100mL

Pág. 1 de 2



### Boletim de Análise de Água

FUNAA/PQ/017  
Revisão/Edição: 03/14

Nº da Ficha: 01      Código: 999      SubCódigo: 999      Nº de Registro: 1489/17

Proveniência da Amostra: Abílio Naftal Monjane - Água bruta Furo 23, Bairro: , Av./Rua: , NP

Tipo de Amostra: Água do Furo - Água para o Consumo Humano      Volume da Amostra: 1.5L  
 Data de Coleta da Amostra: 29-03-2017      Data de Início da Análise: 30-03-2017  
 Motivo: Controle de Qualidade      Data de Fim da Análise: 10-04-2017  
 Entidade Requisitante: Abílio Naftal Monjane      Resp. pela Coleta: Abílio Naftal Monjane

Parâmetro Analisado	Método	AC	Resultado	Limite Admissível		Unidade
				Mínimo	Máximo	
pH	Potenciométrico MI B05	n	6,52	6,5	8,5	-
Condutividade	Conduzimétrico MI B02	n	590	50	2000	µS/cm
Depósito	Visual	n	Ausente	-	Ausente	-
Cor	Visual MI B04	n	Incolor	-	Incolor	-
Turvação	Turbidimétrico MI B12	n	<5LQ	-	5	NTU
Nitrato	Absorção Molecular MI C07	n	24,90	-	50	mg/L NO3
Nitrito	Absorção Molecular MI C06	n	<0.03LQ	-	3	mg/L NO2
Cloratos	Volumétrico MI C17	n	165	-	250	mg/L Cl
Amoníaco	Absorção Molecular MI C05	n	<0.04LQ	-	1,5	mg/L NH4
Dureza total	Volumétrico MI C14	n	100	-	500	mg/L CaCO3
Ferro total	Absorção Molecular MI C22	n	<0.2LQ	-	0,3	mg/L Fe
BOD	Nanométrico	n	14,8	-	-	mg/L
Óleos e Gorduras	Gravimétrico depois da extração MI	n	0,025	-	-	% m/v
Quantificação de Coliformes Focais	MI - P/LNHAA/ML/110 2014-04-22	s	<1	-	10	ufc/100 mL
Quantificação de E.coli	MI - P/LNHAA/ML/110 2016-04-22	s	<1	-	<1	ufc/100mL



### Boletim de Análise de Água

LNHAAL/BOLETIM  
Revisão/Edição: 01/01

Nº da Ficha: 04 Código: 999 SubCódigo: 999 Nº de Registo: 1492/17

Proveniência da Amostra: Abílio Naftal Monjane - Água bruta Furo11, Bairro: , Av./Rua: , Nº

Tipo de Amostra: Água do Furo - Água para o Consumo Humano Volume da Amostra: 1.5L  
 Data de Colheita da Amostra: 29-03-2017 Data de Início da Análise: 30-03-2017  
 Motivo: Controlo de Qualidade Data de Fim da Análise: 10-04-2017  
 Entidade Requisitante: Abílio Naftal Monjane Resp. pela Colheita: Abílio Naftal Monjane

Parâmetro Analisado	Método	AC	Resultado	Limite Admissível		Unidade
				Mínimo	Máximo	
pH	Potenciométrico MI B05	n	6.58	6,5	8,5	-
Condutividade	Condutimétrico MI B02	n	407	50	2000	µs/cm
Depósito	Visual	n	Ausente	-	Ausente	-
Cor	Visual MI B04	n	Incolor	-	Incolor	-
Turvação	Turbidimétrico MI B12	n	<5LQ	-	5	NTU
Nitratos	Absorção Molecular MI C07	n	20.55	-	50	mg/L NO3
Nitritos	Absorção Molecular MI C06	n	<0.03LQ	-	3	mg/L NO2
Cloretos	Volumétrico MI C17	n	141.80	-	350	mg/L Cl
Amoníaco	Absorção Molecular MI C05	n	<0.04LQ	-	1,5	mg/L NH4
Dureza total	Volumétrico MI C14	n	90	-	500	mg/L CaCO3
Ferro total	Absorção Molecular MI C22	n	<0.2LQ	-	0,3	mg/L Fe
BOD	Manométrico	n	17.6	-	-	mg/L
Óleos e Gorduras	Gravimétrico depois da extração MI	n	0.0	-	-	% m/y
Quantificação de Coliformes fecais	MI - P/LNHAAL/ML/110-2014-04-22	s	<1	-	10	ufc/100 mL
Quantificação de E.coli	MI - P/LNHAAL/ML/110-2016-04-22	s	<1	-	<1	ufc/100mL



### Boletim de Análise de Água

LNHAÁ/02/017  
Kavisto/001/0118

Nº da Ficha: 02      Código: 999      SubCódigo: 999      Nº de Registo: 1490/17

Proveniência da Amostra: Abílio Naftal Monjane - Água bruta Furo B, Bairro: , Av./Rua: , Nº

Tipo de Amostra: Água do furo - Água para o Consumo Humano      Volume da Amostra: 1.5L  
 Data de Coleta da Amostra: 29-03-2017      Data de Início da Análise: 30-03-2017  
 Motivo: Controlo de Qualidade      Data da Fim da Análise: 10-04-2017  
 Entidade Requisitante: Abílio Naftal Monjane      Resp. pela Coleta: Abílio Naftal Monjane

Parâmetro Analisado	Método	AC	Resultado	Limite Admissível		Unidade
				Mínimo	Máximo	
pH	Potenciométrico MI B03	n	6,57	6,5	8,5	-
Condutividade	Condutimétrica MI B02	n	743	50	2000	µs/cm
Depósito	Visual	n	Ausente	-	Ausente	-
Cor	Visual MI B04	n	Incolor	-	Incolor	-
Turvação	Turbidimétrica MI B12	n	<56Q	-	5	NTU
Nitretos	Absorção Molecular MI C07	n	20,50	-	50	mg/L NO3
Nitritos	Absorção Molecular MI C06	n	<0,03LQ	-	3	mg/L NO2
Cloratos	Volumétrico MI C17	n	127,62	-	250	mg/L Cl
Amoníaco	Absorção Molecular MI C05	n	<0,04LQ	-	1,5	mg/L NH4
Dureza total	Volumétrico MI C14	n	86	-	500	mg/L CaCO3
Ferro total	Absorção Molecular MI C22	n	<0,2LQ	-	0,3	mg/L Fe
BOD	Nanométrico	n	15,6	-	-	mg/L
Óleos e Gorduras	Gravimétrico depois da extração MI	n	0,034	-	-	% m/v
Quantificação de Coliformes fecais	MI - P/LNHAÁ/NL/110 2014-04-22	s	<1	-	10	ufc/100 mL
Quantificação de E.coli	MI - P/LNHAÁ/NL/110 2016-04-22	s	<1	-	<1	ufc/100mL

Pág. 1 de 2



### Boletim de Análise de Água

FLNHA/DP/017  
Versão: 02/4

Nº da Ficha: 05      Código: 999      SubCódigo: 999      Nº de Registo: 1493/17

Proveniência da Amostra: Abílio Naftal Monjane - Água bruta Furo 10, Bairro: , Av./Rua: , Nº

Tipo de Amostra: Água do Furo - Água para o Consumo Humano      Volume da Amostra: 1.5L  
 Data de Colheita da Amostra: 29-03-2017      Data de Início da Análise: 30-03-2017  
 Motivo: Controlo de Qualidade      Data de Fim da Análise: 10-04-2017  
 Entidade Requirente: Abílio Naftal Monjane      Resp. pela Colheita: Abílio Naftal Monjane

Parâmetro Analisado	Método	AC	Resulta- do	Limite Admissível		Unidade
				Mínimo	Máximo	
pH	Fotométrico MI B05	n	6.65	6,5	6,5	-
Condutividade	Condusimétrico MI B02	n	377	50	2000	µs/cm
Depósito	Visual	n	Ausente	-	Ausente	-
Cor	Visual MI B04	n	Incolor	-	Incolor	-
Turbidez	Turbidimétrico MI B12	n	<5LQ	-	5	NTU
Nitrato	Absorção Molecular MI C07	n	23.58	-	50	mg/L NO3
Nitrito	Absorção Molecular MI C06	n	<0.03LQ	-	3	mg/L NO2
Cloro	Volumétrico MI C17	n	141.8	-	250	mg/L Cl
Amoníaco	Absorção Molecular MI C05	n	<0.04LQ	-	1,5	mg/L NH4
Dureza total	Volumétrico MI C14	n	62	-	500	mg/L CaCO3
Ferro total	Absorção Molecular MI C22	n	<0.2LQ	-	0,3	mg/L Fe
BOD	Manométrico	n	10.6	-	-	mg/L
Óleos e Gorduras	Gravimétrico depois da extração MI	n	0.08	-	-	% m/v
Quantificação de Coliformes fecais	MI - P/LNHA/ML/110 2014-04-22	n	<1	-	10	ufc/100 mL
Quantificação de E.coli	MI - P/LNHA/ML/110 2016-04-22	n	<1	-	<1	ufc/100 mL



### Boletim de Análise de Água

LNHAÁ/DQ/017  
Revisão/Edição: 01/1

Nº de Ficha: 03      Código: 999      SubCódigo: 999      Nº de Registo: 1491/17

Proveniência da Amostra: Abílio Naftal Monjane - Água bruta Fruta 9, Bairro: , Av./Rua: , Nº:

Tipo de Amostra: Água do furo - Água para o Consumo Humano      Volume da Amostra: 1.5L  
 Data de Colheita da Amostra: 29-03-2017      Data de Início da Análise: 30-03-2017  
 Motivo: Controlo de Qualidade      Data de Fim da Análise: 10-04-2017  
 Entidade Requisitante: Abílio Naftal Monjane      Resp. pela Colheita: Abílio Naftal Monjane

Parâmetro Analisado	Método	AC	Resul- tado	Limite Admissível Mínimo	Máximo	Unidade
pH	Potenciométrico MI B05	n	6,90	6,5	8,5	-
Condutividade	Condutimétrica MI B02	n	610	50	2000	µs/cm
Depósito	Visual	n	Ausente	-	Ausente	-
Cor	Visual MI B04	n	Incolor	-	Incolor	-
Turvação	Turbidimétrico MI B12	n	<5LQ	-	5	NTU
Nitratos	Absorção Molecular MI C07	n	48,89	-	50	mg/L NO3
Nitros	Absorção Molecular MI C06	n	<0,03LQ	-	3	mg/L NO2
Cloratos	Volumétrico MI C17	n	212,7	-	250	mg/L Cl
Amoníaco	Absorção Molecular MI C05	n	<0,04LQ	-	1,5	mg/L NH4
Dureza total	Volumétrico MI C14	n	112	-	500	mg/L CaCO3
Ferro total	Absorção Molecular MI C22	n	<0,2LQ	-	0,3	mg/L Fe
BOD	Manométrico	n	15	-	-	mg/l
Óleos e Gorduras	Gravimétrico depois da extração MI	n	0,0	-	-	% m/v
Quantificação de Coliformes fecais	MI - P/LNHAÁ/ML/110.2014-04-22	n	<1	-	10	ufc/100 mL
Quantificação de E.coli	MI - P/LNHAÁ/ML/110.2016-04-22	n	<1	-	<1	ufc/100ml



### Boletim de Análise de Água

FILNHAAL/20/017  
Revisão/Edição: 01/0

Nº da Ficha: 04	Código: 999	SubCódigo: 999	Nº de Registo: 1878/17			
Proveniência da Amostra: Abílio Naftal Monjane - Água bruta furo 9, Bairro: , Av./Rua: , Nº						
Tipo de Amostragem: Água do Furo - Água para o Consumo Humano		Volume da Amostra: 1.5LQ				
Data de Colheita da Amostra: 26/04/2017		Data de Início da Análise: 27/04/2017				
Motivo: Controlo de Qualidade		Data da Fim da Análise: 08/05/2017				
Entidade Requirente: Abílio Naftal Monjane		Resp. pela Colheita: Abílio Naftal Monjane				
Parâmetro Analisado	Método	AC	Resultado	Limite Admissível		Unidade
				Mínimo	Máximo	
pH	Potenciométrico MI B05	n	7.07	6,5	8,5	-
Condutividade	Condutimétrica MI B02	n	720	50	2000	µs/cm
Dépósito	Visual	n	Ausente	-	Ausente	-
Cor	Visual MI B04	n	Incolor	-	Incolor	-
Turvação	Turbidimétrica MI B12	n	<5LQ	-	5	NTU
Nitratos	Absorção Molecular MI C07	n	28	-	50	mg/L NO3
Nitritos	Absorção Molecular MI C06	n	<0.03LQ	-	3	mg/L NO2
Cloratos	Volumétrica MI C17	n	102.80	-	250	mg/L Cl
Amoníaco	Absorção Molecular MI C05	n	<0.04LQ	-	1,5	mg/L NH4
Dureza total	Volumétrica MI C14	n	84	-	500	mg/L CaCO3
Ferro total	Absorção Molecular MI C22	n	<0.2LQ	-	0,3	mg/L Fe
BOD	Manométrico	n	11.8	-	-	mg/L
Óleos e Gorduras	Gravimétrico depois de extração MI	n	0.025	-	-	% m/v
Quantificação de Coliformes fecais	MI - FyLNHAA/ML/110 2014-04-22	n	<1	-	10	ufc/100 mL
Quantificação de E.coli	MI - FyLNHAA/ML/110 2016-04-22	n	<1	-	<1	ufc/100mL

Fig. 1 de 2



### Boletim de Análise de Água

ELABORAÇÃO  
REVISÃO 01/06

Nº da Ficha: 03 Código: 999 SubCódigo: 999 Nº de Registo: 1877/17

Proveniência da Amostra: Abílio Naftal Monjane - Água bruta Furo B, Bairro: , Av./Rua: , Nº

Tipo de Amostra: Água do Furo - Água para o Consumo Humano Volume da Amostra: 1.5L  
 Data de Coleta da Amostra: 26/04/2017 Data de Início da Análise: 27/04/2017  
 Motivo: Controlo de Qualidade Data de Fim da Análise: 08/05/2017  
 Entidade Recrutante: Abílio Naftal Monjane Resp. pela Coleta: Abílio Naftal Monjane

Parâmetro Analisado	Método	AC	Resultado	Limite Admissível		Unidade
				Mínimo	Máximo	
pH	Potenciométrico MI B05	n	7.35	6,5	8,5	-
Condutividade	Condutimétrico MI B02	n	817	50	2000	µs/cm
Depósito	Visual	n	Ausente	-	Ausente	-
Cor	Visual MI B04	n	Incolor	-	Incolor	-
Turvação	Turbidimétrico MI B12	n	<SLQ	-	5	NTU
Nitratos	Absorção Molecular MI C07	n	40	-	50	mg/L NO3
Nitritos	Absorção Molecular MI C06	n	<0.03LQ	-	3	mg/L NO2
Cloratos	Volumétrico MI C17	n	131.07	-	250	mg/L Cl
Amoníaco	Absorção Molecular MI C05	n	<0.04LQ	-	1,5	mg/L NH4
Dureza total	Volumétrica MI C14	n	88	-	500	mg/L CaCO3
Ferro total	Absorção Molecular MI C22	n	<0.2LQ	-	0,3	mg/L Fe
BOD	Manométrico	n	11.2	-	-	mg/L
Óleos e Gorduras	Gravimétrico depois da extração MI	n	0.0	-	-	% m/v
Quantificação de Coliformes fecais	MI - P/LNHAÁ/ML/110 2014-04-22	s	<1	-	10	ufc/100 mL
Quantificação de E.coli	MI - P/LNHAÁ/ML/110 2016-04-22	s	<1	-	<1	ufc/100mL

Pág. 1 de 2



### Boletim de Análise de Água

FILMMA/DQ/017  
Revisão/Edição: 3/14

Nº da Ficha: 06      Código: 999      SubCódigo: 999      Nº de Registo: 1880/17

Proveniência da Amostra: Abílio Naftal Monjane - Água bruta Furo 10, Bairro: , Av./Rua: , Nº:

Tipo de Amostra: Água do Furo - Água para o Consumo Humano      Volume da Amostra: 1,5L  
 Data da Colheita da Amostra: 26/04/2017      Data de Início da Análise: 27/04/2017  
 Motivo: Controlo de Qualidade      Data da Fim da Análise: 08/05/2017  
 Entidade Requeirante: Abílio Naftal Monjane      Resp. pela Colheita: Abílio Naftal Monjane

Parâmetro Analisado	Método	AC	Resultado	Limite Admissível		Unidade
				Mínimo	Máximo	
pH	Potenciométrico MI B05	n	7,48	6,5	8,5	-
Condutividade	Condutimétrico MI B02	n	453	50	2000	µs/cm
Depósito	Visual	n	Ausente	-	Ausente	-
Cer	Visual MI B04	n	Incolor	-	Incolor	-
Turvação	Turbidimétrico MI B12	n	<5LQ	-	5	NTU
Nitrato	Absorção Molecular MI C07	n	30	-	50	mg/L NO3
Nitrito	Absorção Molecular MI C06	n	<0.03LQ	-	3	mg/L NO2
Cloreto	Volumétrico MI C17	n	109,86	-	250	mg/L Cl
Amoníaco	Absorção Molecular MI C05	n	<0.04LQ	-	1,5	mg/L NH4
Dureza total	Volumétrico MI C14	n	96	-	500	mg/L CaCO3
Ferro total	Absorção Molecular MI C22	n	<0.2LQ	-	0,3	mg/L Fe
BOD	Manométrico	n	14,6	-	-	mg/L
Óleos e Gorduras	Gravimétrico depois da extração MI	n	0,0	-	-	% m/v
Quantificação de Coliformes fecais	MI - F/LNHAA/ML/110-2014-04-22	s	17	-	10	ufc/100 mL
Quantificação de E.coli	MI - F/LNHAA/ML/110-2016-04-22	s	17	-	<1	ufc/100mL



### Boletim de Análise de Água

F/LNHAAL/01/017  
Revisão: 01/14

Nº da Ficha: 05 Código: 999 SubCódigo: 999 Nº de Registo: 1879/17

Proveniência da Amostra: Abílio Naftal Monjane - Água bruta Furo 11, Bairro: , Av./Rua: , Nº

Tipo de Amostra: Água do Furo - Água para o Consumo Humano Volume da Amostra: 1,3l  
 Data de Colheita da Amostra: 26/04/2017 Data de Início da Análise: 27/04/2017  
 Motivo: Controlo de Qualidade Data de Fim da Análise: 08/05/2017  
 Entidade Requestante: Abílio Naftal Monjane Reso. pela Colheita: Abílio Naftal Monjane

Parâmetro Análizado	Método	AC	Resul- tado	Limite Admissível Mínimo Máximo	Unidade
pH	Potenciométrico MI B05	n	7,23	6,5 8,5	-
Condutividade	Condutimétrico MI B02	n	479	50 2000	µS/cm
Depósito	Visual	n	Ausente	- Ausente	-
Cor	Visual MI B04	n	Incolor	- Incolor	-
Turvação	Turbidimétrico MI B12	n	<5LQ	- 5	NTU
Nitratos	Absorção Molecular MI C07	n	20	- 50	mg/L NO3
Nitritos	Absorção Molecular MI C06	n	<0.03LQ	- 3	mg/L NO2
Cloratos	Volumétrico MI C17	n	77.99	- 250	mg/L Cl
Amoníaco	Absorção Molecular MI C05	n	<0.04LQ	- 1,5	mg/L NH4
Dureza total	Volumétrico MI C14	n	46	- 500	mg/L CaCO3
Ferro total	Absorção Molecular MI C22	n	<0.2LQ	- 0,3	mg/L Fe
BOD	Manométrico	n	12.8	- -	mg/L
Óleos e Gorduras	Gravimétrico depois de extração MI	n	0.0	- -	% m/v
Quantificação de Coliformes focais	MI - F/LNHAAL/ML/110 2014-04-22	s	36	- 10	ufc/100 mL
Quantificação de E.coli	MI - F/LNHAAL/ML/110 2016-04-22	s	36	- <1	ufc/100mL

Pág. 1 de 2



### Boletim de Análise de Água

LNHAA/DQ/017  
Revisão/Edição: 2014

Nº da Ficha: 01      Código: 999      SubCódigo: 999      Nº de Registo: 1875/17

Proveniência da Amostra: Abílio Naftal Monjane - Água bruta Furo 7, Bairro: , Av./Rua: , Nº

Tipo de Amostra: Água do Furo - Água para o Consumo Humano      Volume da Amostra: 1.5L  
 Data de Colheita da Amostra: 26/04/2017      Data de Início da Análise: 27/04/2017  
 Motivo: Controlo de Qualidade      Data de Fim da Análise: 08/05/2017  
 Entidade Requirizante: Abílio Naftal Monjane      Resp. pela Colheita: Abílio Naftal Monjane

Parâmetro Analisado	Método	AC	Resul- tado	Limite Admissível		Unidade
				Mínimo	Máximo	
pH	Potenciométrico MI B05	n	7.48	6,5	8,5	-
Condutividade	Condutimétrico MI B02	n	769	50	2000	µs/cm
Deposito	Visual	n	Ausente	-	Ausente	-
Cor	Visual MI B04	n	Incolor	-	Incolor	-
Turvação	Turbidimétrico MI B12	n	<51Q	-	5	NTU
Nitratos	Absorção Molecular MI C07	n	38	-	50	mg/L NO3
Nitritos	Absorção Molecular MI C06	n	<0.03LQ	-	3	mg/L NO2
Cloratos	Volumétrica MI C17	n	106.35	-	250	mg/L Cl
Amoníaco	Absorção Molecular MI C05	n	<0.04LQ	-	1,5	mg/L NH4
Dureza total	Volumétrica MI C14	n	96	-	500	mg/L CaCO3
Ferro total	Absorção Molecular MI C22	n	<0.2LQ	-	0,3	mg/L Fe
BCO	Manométrico	n	8,4	-	-	mg/L
Glicose e Gorduras	Gravimétrico depois da extração MI	n	0.17	-	-	% m/v
Quantificação de Coliformes fecais	HI - P/LNHAAL/ML/110 2014-04-23	s	<1	-	10	ufc/100 mL
Quantificação de E.coli	HI - P/LNHAAL/ML/110 2014-04-23	s	<1	-	<1	ufc/100ML

Pág. 1 de 2

## APÊNDICES



**Figura 2:** Furo de água próximo a uma oficina mecânica e despejo inadequado óleos na oficina.



**Figura 3:** Resíduos sólidos e águas turvas estagnadas nas proximidades do furo



**Figura 4:** Modelo de latrinas existentes na área de estudo e fossa séptica não impermeabilizada.