



POLITÉCNICO DE COIMBRA
ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA

ABASTECIMENTO DE ÁGUA PÚBLICO EM LUBANGO, ANGOLA

Determinação e análise de indicadores de qualidade da água

Bernardo Malongo José

Relatório de Estágio Profissionalizante para obtenção do Grau de

Mestre em Gestão Ambiental

Orientador: José Manuel Gonçalves

Coorientador: José Cangundo R. Bumba

Coimbra 2017



POLITÉCNICO DE COIMBRA
ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA

ABASTECIMENTO DE ÁGUA PÚBLICO EM LUBANGO, ANGOLA

Determinação e análise de indicadores de qualidade da água

Bernardo Malongo José

Relatório de Estágio Profissionalizante para obtenção do Grau de
Mestre em Gestão Ambiental

Coimbra, 2017

Dedico

Aos meus pais Isaías José e Josefina Mbimbi por todos ensinamentos e educação e por todo apoio que me deram ao longo da minha formação.

Aos meus irmãos, principalmente José Mbimbi Tchitemo pelos ensinamentos da vida.

À minha esposa e filhas por todo amor, carinho, compreensão e companheirismo desde o primeiro dia mesmo distante.

Agradecimentos

É preciso determinação, coragem e força de vontade para que possamos alcançar os nossos objetivos.

Durante a minha trajetória em Coimbra, muitos foram os obstáculos que enfrentei, os quais foram superados por Deus e ajuda de Professores e amigos. Colhi muitas experiências, que contribuíram para o meu crescimento como homem e na vida académica, e aprender com as barreiras. Conheci e convivi com várias pessoas que se tornaram amigos e conquistaram a minha admiração e tive o privilégio de poder contar sempre com elas.

A concretização deste relatório não teria sido possível sem a contribuição generosa de diversas pessoas a quem estou profundamente grato.

Agradeço em primeira instância a DEUS, Pai Todo-Poderoso, que me concedeu à vida e a possibilidade de fazer coisas importantes pelo meu próximo e pelo planeta Terra.

Ao meu Orientador, Engenheiro José Manuel Gonçalves, pelo carinho, disponibilidade, paciência, motivação, esforço, apoio científico, ensinamentos e confiança demonstrada na realização deste trabalho e não só.

Quero, também expressar os meus humildes agradecimentos à minha família, que sempre me apoiou, em todos os momentos bons e menos bons.

Ao meu Coorientador Engenheiro José Cangundo B. Rumbo, pelo apoio incondicional, paciência, motivação, disposição, clareza durante o estágio.

Aos professores, António Dinis, Marta Lopes, Maria Costa, Isabel Dinis, Isabel Duarte, Fátima Loreno, Carmon Lopes, Carla Rodrigues, Daniela Santos e Pedro Bringue.

À Direção Provincial de Energia e Águas da Huíla e a equipa maravilhosa do Laboratório Provincial de Controlo de Qualidade da Água da Huíla, por me receberem de braços abertos e pelas amizades criadas.

A todos os meus amigos e colegas que me apoiaram e me ajudaram ao longo desta etapa, especialmente nos momentos mais difíceis, mostrando-me com o seu apoio que vale a pena continuar a lutar e que os obstáculos são para serem ultrapassados.

A todos pela colaboração, compreensão, paciência e estímulo que me ofereceram.

O MEU MUITO OBRIGADO!

A quem tem sede, darei de graça a água da fonte.

Apocalipse 21:6

Resumo

O estágio decorreu no Laboratório Provincial de Controlo de Qualidade de Água da Huíla e teve como objetivo geral o estudo da problemática da qualidade da água de abastecimento público em Lubango. Apresentam-se aspetos gerais da qualidade da água, tais como a monitorização, o tratamento e o quadro normativo. Descreve-se a situação do abastecimento de água em Angola, referindo-se à legislação em vigor, a estratégia governamental para o desenvolvimento e os principais projetos em curso. Focando o caso de estudo de Lubango, apresenta-se este município e caracteriza-se seu sistema de abastecimento de água. Descreve-se a metodologia de análise físico-química da água desenvolvida em laboratório e o procedimento de inquérito a técnico e utentes para avaliar condições de funcionamento e de satisfação.

Os resultados obtidos permitiram concluir que a qualidade da água abastecida cumpre na generalidade os critérios da OMS para os parâmetros físico-químicos. A população, por sua vez, revela estar consciente do risco microbiológico através do consumo da água, procedendo por isso, com muita frequência, à desinfecção da água ao nível do domicílio.

Como contributo para a melhoria da gestão do sistema de abastecimento propôs-se um plano de monitorização da água que garanta a sua qualidade permanente, a higienização regular de reservatórios e condutas, o reforço do caudal para melhoria do serviço e a correção da acidez da água ao nível do seu tratamento.

Palavras-chave:

Abastecimento de água, qualidade da água, tratamento da água, indicadores de desempenho dos serviços de água, parâmetros físico-químicos, Lubango, Angola.

Abstract

The internship was held at the Provincial Water Quality Control Laboratory of Huíla and its general objective was to study the quality of public water supply in Lubango. General aspects of water quality are presented, such as monitoring, treatment and regulatory framework. The situation of the water supply in Angola is described, referring the actual legislation, the governmental development strategy and the main ongoing projects. The case study on the Lubango municipality focused the water supply system. The laboratorial methodology of water physical-chemical analysis and the procedures of the inquiry held to technician and end-users, to evaluate conditions of operation and satisfaction, are described.

The results obtained allow to conclude that the quality of the water supplied generally meets the WHO criteria for the physical-chemical parameters. The population, on the other hand, shows to be aware of the microbiological risk involving water consumption, therefore, very often, resorts to water disinfection at the domicile.

As a contribution to the improvement of the management of the water supply system, a water monitoring plan was proposed to guarantee its permanent quality, regular cleaning of reservoirs and conduits, reinforcement of the flow to improve the service and correction of water acidity at the level of their treatment.

Keywords

Water supply, water quality, water treatment, performance indicators of water services, physical-chemical parameters, Lubango, Angola.

Índice

Dedico.....	i
Agradecimentos.....	ii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
Lista de Tabelas.....	ix
Lista de Quadros.....	xi
Lista de Figuras.....	xii
Listas de Abreviaturas.....	xiv
1. Introdução.....	1
1.1. Importância do abastecimento da água pública.....	3
1.2. Aspectos gerais dos recursos hídricos.....	3
1.1.1 Utilização da Água.....	3
1.1.2 Características gerais das massas de águas.....	4
1.1.3 Águas de rios.....	4
1.1.4 Águas de lagos e albufeiras.....	5
1.1.5 Águas subterrâneas.....	6
1.1.6 Qualidade natural da água.....	6
1.1.7 Vulnerabilidade nos sistemas de abastecimento de água.....	7
1.3. Objetivos.....	8
1.4. Estrutura do Relatório.....	9
2. Qualidade da água no abastecimento público.....	10
2.1. Linhas gerais.....	10
2.1.1. Aspectos gerais da qualidade.....	10
2.1.2. Normas de qualidade.....	11
2.1.3. Classificação das massas de água quanto à sua dureza.....	11
2.1.4. Parâmetros de qualidade da água.....	12
2.2. Parâmetros físico-químico de controlo de qualidade da água.....	14
2.2.1. Temperatura.....	14
2.2.2. pH.....	14
2.2.3. Turvação.....	15
2.2.4. Condutividade elétrica.....	16
2.2.5. Sólidos dissolvidos totais.....	17
2.2.6. Dureza.....	17
2.2.7. Ferro.....	18
2.2.8. Manganês.....	19
2.2.9. Cloretos.....	20
2.2.10. Amónio.....	20
2.2.11. Sulfatos.....	20
2.2.12. Azoto.....	21
2.3. Desinfeção.....	21
2.3.1. Teoria da desinfeção.....	23
2.3.1.1. Influência do tempo de contacto.....	24
2.3.1.2. Influência da concentração de desinfetante.....	24
2.3.1.3. Influência da temperatura da água.....	24
2.3.2. Desinfeção pelo cloro.....	25
2.3.3. Desinfeção pelo dióxido de cloro.....	26
2.3.4. Desinfeção pelas cloraminas.....	27
2.3.5. Desinfeção pelo ozono.....	28
2.3.5.1. Aspecto químico.....	28

2.3.5.2.	Características oxidantes e desinfetantes do ozono	28
2.3.6.	Desinfecção por radiação ultravioleta	30
3.	Abastecimento de água em Angola	31
3.1.	Legislação	31
3.2.	Enquadramento institucional	33
3.3.	Entidades gestoras e enquadramento institucional	35
3.4.	Estratégia governamental	39
3.5.	Regulação	41
3.6.	Concessão do uso da água	44
3.7.	Principais projetos em curso	45
4.	Material e métodos	52
4.1.	Caracterização da província e município do Lubango, Huíla	52
4.1.1.	Clima	53
4.1.2.	Demografia	54
4.1.3.	Hidrografia	55
4.1.4.	Rede Hidrográfica da província da Huíla	57
4.1.5.	Transportes	59
4.2.	Sistema de abastecimento de água de Lubango	60
4.2.1.	Projeto “Águas do Lubango”	62
4.2.2.	Qualidade da Água	63
4.2.3.	Programa de controlo de qualidade da água	64
4.2.4.	Níveis de produção de água das principais fontes de captação	66
4.3.	Local de estágio	67
4.4.	Metodologia de análise físico-químicas	68
4.4.1.	Procedimento de colheita das amostras	69
4.4.2.	Testes físicos e químicos	73
4.4.2.1.	Temperatura	73
4.4.2.2.	pH	73
4.4.2.3.	Condutividade elétrica	74
4.4.2.4.	Turvação	74
4.4.2.5.	Dureza Total	74
4.4.2.6.	Ferro	76
4.4.2.7.	Manganês	77
4.4.2.8.	Nitratos NO ₃ -N	79
4.4.2.9.	Sulfatos SO ₄ ²⁻	80
4.4.2.10.	Amónio	81
4.4.2.11.	Cloretos	81
4.4.2.12.	Sólidos dissolvidos totais	82
4.5.	Metodologia de inquérito	83
5.	Resultados	84
5.1.	Análise físico-química	84
5.1.1.	pH	84
5.1.2.	Temperatura	85
5.1.3.	Turbidez	85
5.1.4.	Condutividade elétrica	86
5.1.5.	Dureza	86
5.1.6.	Amónio	87
5.1.7.	Manganês	88
5.1.8.	Sólidos dissolvidos totais	88
5.1.9.	Ferro	89

5.1.10. Nitratos	90
5.1.11. Sulfatos	90
5.1.12. Cloretos.....	91
5.2. Estudo de influência do hidróxido de cálcio a água (Ca(OH) ₂).....	92
5.3. Síntese de resultados	93
5.4. Inquérito sobre qualidade da água e do serviço	95
6. Conclusões.....	103
Referências bibliográficas	105
Anexos.....	112
Anexo I - Definições.....	112
Anexo II: Modelo de inquérito de entrevista.....	115
Anexo III: Boletins de Registo Laboratorial	119

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Variação de alguns parâmetros das águas de lagos em função da profundidade	5
Tabela 2 - Classificação das massas de águas quanto à sua dureza	12
Tabela 3 - Valores paramétricos para a água destinada ao consumo humano estipulados no Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de Agosto.....	13
Tabela 4 - Inventário das captações do Lubango	64
Tabela 5 - Níveis de produção de águas das nascentes do Lubango	66
Tabela 6 - Valores de Sólidos dissolvidos totais em função da Condutividade	82
Tabela 7 - Valores de pH obtido nas nascentes e sistemas periféricos.....	84
Tabela 8 - Valores de temperatura obtido nas nascentes e sistemas periféricos	85
Tabela 9 - Valores de turbidez obtido nas nascentes e sistemas periféricos	85
Tabela 10 - Valores CE obtido nas nascentes e sistemas periféricos	86
Tabela 11 - Valores de dureza obtido nas nascentes e sistemas periféricos.....	87
Tabela 12 - Valores de amónio obtido nas nascentes e sistemas periféricos	87
Tabela 13 - Valores de manganês obtido nas nascentes e sistemas periféricos	88
Tabela 14 - Valores de sólidos dissolvidos totais obtido nas nascentes e sistemas periféricos	89
Tabela 15 - Valores de ferro obtido nas nascentes e sistemas periféricos.....	89
Tabela 16 - Valores de nitratos obtido nas nascentes e sistemas periféricos	90
Tabela 17 - Valores de sulfatos obtido nas nascentes e sistemas periféricos	91
Tabela 18 - Valores de cloretos obtido nas nascentes e sistemas periféricos.....	91
Tabela 19 - Quantidade de hidróxido de cálcio (Ca(OH) ₂)	92
Tabela 20 - Efeito do Ca(OH) ₂ sobre o pH e a Dureza.....	93
Tabela 21 - - Boletim de registo laboratorial da estufa	119
Tabela 22 - Boletim de registo laboratorial da Tundavala	121
Tabela 23 - Boletim de registo laboratorial da Bombagem.....	123

Tabela 24 - Boletim de registo laboratorial do Bula Matadi	125
Tabela 25 - Boletim de registo laboratorial da Mitcha.....	127
Tabela 26 - Boletim de registo laboratorial do sistema de Joaquim Kapango	129

Lista de Quadros

Quadro 1 - Indicadores de objetivos para o setor da água definidos no Plano Nacional de Desenvolvimento 2013-2017.....	47
Quadro 2 - Montantes de investimento em projetos de abastecimento de água em Angola (2013-2017)	50
Quadro 3 - Projetos de água na província da Huíla e seus respetivos montantes.....	63
Quadro 4 - Programa de Controlo de Qualidade da água da Cidade do Lubango	65
Quadro 5 – Estudo Comparativo dos resultados das análises de qualidade da nascente da Bombagem de 2015 a 2017	94
Quadro 6 – Estudo comparativo entre os resultados das análises do sistema da Mitcha de 2015 a 2017	95

Lista de Figuras

Figura 1 - Organograma institucional no setor das águas em Angola (adaptada de República de Angola, 2011)	34
Figura 2 - Interligações entre as diferentes entidades intervenientes no setor da água angolano	36
Figura 3 - Estado atual dos principais projetos de água em Angola.....	51
Figura 4 - Mapa da Cidade do Lubango	52
Figura 5 - Localização do provincial da Huíla	53
Figura 6 - Bacias hidrográficas da Província da Huíla.....	56
Figura 7 - Bacias hidrográficas da Província da Huíla.....	57
Figura 8 - Localização do Laboratório de Qualidade da Água.....	67
Figura 9 - Laboratório provincial de controlo de	67
Figura 10 - Materiais do Laboratório de qualidade da água.....	68
Figura 11 - Frascos de Polipropileno de 500 ml usado para coleta das amostras	69
Figura 12 - Local de colheita das amostras da nascente da Tundavala	70
Figura 13 - Local de recolha das amostras da nascente da Nossa Sra. do Monte	70
Figura 14 – Nascente da Bombagem.....	71
Figura 15 - Sistema de captação do Bula Matadi (Ana Paula).....	71
Figura 16 - Sistema de captação de água da Mitcha.....	72
Figura 17 - Sistema de captação de água do J. Kapango.....	72
Figura 18 - Aparelho HQ40d multi.	73
Figura 19 - Medidor de pH (HQ40d multi)	73
Figura 20 - ISO Turbidimeter.....	74
Figura 21 - Adição de indicador preto de eriócomo T	75
Figura 22 – Espectrofotometro DR2800	76
Figura 23 - Adição de reagente pó de Ferro (<i>Powder Pillow</i>) a amostra.	77
Figura 24 - Preparação da amostra	78

Figura 25 - Adição de reagente NitraVer Reagente A.....	79
Figura 26 - Hidróxido de cálcio.....	92
Figura 27 - Amostra de água no Jars Test	92
Figura 28 - Distribuição dos entrevistados por género.....	96
Figura 29 - Distribuição dos entrevistados por idade	96
Figura 30 - Distribuição dos entrevistados por habilitações literárias.....	97
Figura 31 - Tipo de análise de controlo de qualidade.....	97
Figura 32 - A água encontra-se dentro dos parâmetros	98
Figura 33 – Resultado sobre o caudal de água distribuído a população	98
Figura 34 - Resultados do estado de proteção das captações	99
Figura 35 - Resultados dos cuidados domiciliários de tratamento de água para consumo	100
Figura 36 -Resultado das principais doenças de origem hídrica	100
Figura 37 - Resultados do estado higiénico das captações segundo os munícipes.....	101
Figura 38 - Resultados sobre a satisfação dos munícipes com a qualidade de água	102
Figura 39 – Dados da nascente da Bombagem referente ao ano 2015	131
Figura 40 - Dados da nascente da Bombagem referente ao ano de 2016.....	132
Figura 41 - Dados do sistema da Mitcha referente ao ano de 2015.....	133
Figura 42 - Dados do sistema da Mitcha referente ao ano de 2016.....	134

Listas de Abreviaturas

ADN – Ácido Desoxirribonucleico

CD – Centro de distribuição

Cm – Centímetros

DNA – Direção Nacional de Águas

DNA – Direção Nacional do Ambiente

DNB – Direção Nacional da Biodiversidade

DNE – Direção Nacional de Eletrificação Rural e Local

DNHAER – Direção Nacional de Hidráulica Agrícola e Engenharia Rural

DPEA – Direção Provincial de energia e águas

EASB – Empresa de Águas e Saneamento de Benguela

EASBIÉ - Empresa de Águas e Saneamento de Bié

EASC - Empresa de Águas e Saneamento de Cunene

EASKN - Empresa de Águas e Saneamento de Kwanza – Norte

EASL – Empresa de Águas e Saneamento de Lobito

EASM – Empresa de Águas e Saneamento de Malanje

EASU - Empresa de Águas e Saneamento de Uíge

EDTA – ácido etilenodiamina tetra-acético

EPAL, EP – Empresa Pública de Águas de Luanda

EPAS – Empresa Pública de Águas e Saneamento

EPASH – Empresa Provincial de Água e Saneamento do Huambo

ESAC – Escola Superior Agrária de Coimbra

INARH – Instituto Nacional de Recursos Hídricos

IPC – Instituto Politécnico de Coimbra

IRSEA – Instituto Regulador dos Serviços de Eletricidade e do Abastecimento de Águas e Saneamento de Águas Residuais

MINADERP – Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural

MINAMB – Ministério do Ambiente

MINEA – Ministério da Energia e Águas

ml – Milímetros

nm – Nanómetro

OGE – Orçamento Geral do Estado

OMS – Organização Mundial da Saúde

ONG – Organização Não Governamental

PA – Ponto de Amostragem

PAT – Programa Águas para Todos

PDL – Plano Diretor do Lubango

pH – Potencial de hidrogénio

PNEA – Programa Nacional Estratégico para a Água

SEP – Sistema Elétrico Público

SPD – Subprodutos da desinfeção

THM – Trihalometano

UV – Ultravioleta

WHO - *World Health Organization* (Organização Mundial da Saúde)

1. Introdução

O presente Relatório, insere-se no âmbito do curso de Mestrado em Gestão Ambiental da Escola Superior Agrária de Coimbra (ESAC).

As características físicas, químicas e biológicas da água estão associadas a uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e em sua bacia de drenagem. Ao se abordar a questão da qualidade da água, é fundamental ter em mente que o meio líquido apresenta duas características marcantes, que condicionam de maneira absoluta a conformação desta qualidade (Organização Pan Americana de Saúde, 2006): capacidade de dissolução e capacidade de transporte.

Para o abastecimento de água às populações dispõe-se de dois tipos de recursos hídricos. A água superficial que inclui os cursos de água, lagos e áreas de drenagem que fazem convergir a água para reservatórios de retenção; e a água de origem subterrânea onde são incluídas as galerias, poços, furos e nascentes (Johnson, 1966; Instituto da Água, 2000).

O propósito primário para a exigência de qualidade da água é a proteção à saúde pública. Os critérios adotados para assegurar essa qualidade têm por objetivo fornecer uma base para o desenvolvimento de ações que, se propriamente implementadas junto à população, garantirão a segurança do fornecimento de água através da eliminação ou redução à concentração mínima de constituintes na água conhecidos por serem perigosos à saúde (D'Águila, 2000).

A água e a saúde das populações são inseparáveis. A disponibilidade de água de qualidade é uma condição indispensável para a própria vida e, mais que qualquer outro fator, a qualidade da água condiciona a qualidade de vida. Portanto, o entendimento de como a água e saúde estão relacionadas permitirá a tomada de decisões com mais efetividade e impacto (Organização Pan Americana, 2006).

A água necessária para o uso doméstico deve ser segura, ou seja, sem microrganismos, substâncias químicas ou outros contaminantes que constituam uma ameaça para a saúde. As formas de medir a segurança da água potável são habitualmente definidas por normas nacionais ou locais. As Diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS) para a qualidade da água potável constituem uma base para o desenvolvimento de normas que,

se forem devidamente implementadas, permitirão a segurança da água potável (ONU, 2010).

Em julho de 2010, a Assembleia Geral das Nações Unidas reconheceu o direito à água e, admitiu que a água potável limpa é a parte integrante da satisfação dos direitos humanos. A melhoria no acesso pode ser um motor fundamental da redução da pobreza e na promoção do desenvolvimento (ONU, 2010).

Quando substâncias ou impurezas, de origem orgânica ou inorgânica, estão presentes numa água conferem-lhe determinadas propriedades ou características que é importante conhecer para que se possa escolher o tratamento necessário para seu uso no abastecimento público, ou para avaliar os níveis de poluição de massas de águas (Sousa, 2001).

As águas subterrâneas são as mais utilizadas para abastecimento individual, principalmente por meio de poços. Esse fato de certo modo preocupante, tendo em vista a equivocada ideia de que as águas subterrâneas, diferentemente das águas superficiais, estão protegidas de contaminantes (Ayachi *et al.*, 2009). De facto, diversos fatores podem comprometer a qualidade da água subterrânea, como por exemplo, o destino final do esgoto doméstico e industrial em fossas sépticas, a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e industriais e postos de combustíveis (Teixeira & Leal, 2002; Silva & Araújo, 2003; Cappi *et al.*, 2006; Soares, 2010).

A água a ser utilizada para abastecimento de uma comunidade deve apresentar algumas características que a torne agradável ao consumo humano. Não deve ser quimicamente pura, pois a água carente de matéria dissolvida e em suspensão não tem sabor, odor e gosto agradáveis, além do mais, a presença de certos minerais na água é essencial à saúde e, por este motivo, algumas águas são consideradas mais saudáveis que outras (Gray, 2008).

A água tem influência direta sobre a saúde, a qualidade de vida e o desenvolvimento do ser humano. Para a OMS, “todas as pessoas, em quaisquer estágios de desenvolvimento e condições socioeconómicas têm o direito de ter acesso a um suprimento adequado de água potável e segura”. “Segura”, neste contexto, refere-se a uma oferta de água que não represente um risco significativo à saúde, que tenha quantidade suficiente para atender a todas as necessidades domésticas, que seja disponível continuamente e que tenha um custo acessível. Essas condições podem ser resumidas em cinco palavras-chave:

qualidade, quantidade, continuidade, cobertura e custo (Organização Pan Americana de Saúde, 2006b).

1.1. Importância do abastecimento da água pública

A água é o componente mais abundante nos organismos vivos, sendo um solvente universal, podendo atuar também como meio de transporte de diversas substâncias em escoamento superficial e subterrâneo (Libânio, 2005). Entretanto, como faz parte da alimentação humana, pode representar uma importante fonte de transmissão de doenças. Quando não recebe tratamento, muitos microrganismos patogênicos podem ser veiculados pela sua ingestão, além de contaminar alimentos (Ministério da Saúde, 2006a).

Uma baixa qualidade da água representa grande ameaça para a saúde humana, e o abastecimento de fontes inseguras e um inadequado saneamento e higiene, afetam principalmente crianças de países em desenvolvimento (OMS, 2010a). De acordo com a OMS (2003), a baixa qualidade da água é uma grande ameaça para a saúde humana. Os índices de doenças, cuja transmissão é atribuída à água e o alto índice de internamento hospitalares decorrentes destas doenças, poderia ser reduzido caso houvesse um adequado saneamento básico e conscientização da população em relação à preservação das águas superficiais e subterrâneas, de forma a disponibilizar água com qualidade a toda população (Macêdo, 2007).

1.2. Aspectos gerais dos recursos hídricos

1.1.1 Utilização da Água

Quando se pensa na água como recurso natural, podem considerar-se diversos tipos de utilização. É costume categorizar tais tipos em quatro grandes grupos (Hipólito & Vaz, 2013, p. 15):

- utilizações para fins que são indispensáveis à vida e à saúde e bem-estar das pessoas, como beber, cozinhar, higiene pessoal e outros consumos domésticos;
- utilizações de consumo público: escolas, comércio e serviços, bombeiros, jardins, lavagens de ruas e outros serviços urbanos;

- utilizações para fins económicos, ou seja, a água que é utilizada como fator no processo produtivo;
- utilizações ligadas à conservação ambiental.

Os primeiros dois grupos de utilizações aparecem com alta prioridade quer nos países desenvolvidos quer em países em desenvolvimento, prioridade muitas vezes traduzida em dispositivos legais e regulamentares.

1.1.2 Características gerais das massas de águas

As fontes de águas naturais podem ser associadas em quatro grupos, cujas características refletem a interação com o meio ambiente: águas superficiais que incluem os rios, lagos e albufeiras, águas subterrâneas, águas de mar e águas das chuvas (Desjardins, 1988; Alves, 2010, p. 7).

1.1.3 Águas de rios

A parte superior de um rio situa-se, geralmente, numa região montanhosa com pouca pressão urbana e com atividade industrial insignificante ou inexistente. As principais características das águas são:

- turvação elevada;
- pequena contaminação bacteriana;
- baixo índice de cor;
- baixa temperatura.

A parte jusante de um rio situa-se geralmente em regiões densamente povoadas, de agricultura desenvolvida e grande atividade industrial. As principais características das águas são:

- microrganismos patogénicos em níveis elevados;
- contaminação orgânica e inorgânica elevada;
- índice de cor elevado.

1.1.4 Águas de lagos e albufeiras

Os lagos e albufeiras comportam-se como grandes tanques de decantação naturais, onde o tempo de retenção das águas é longo. As principais características das águas são:

- pequena turvação;
- baixo índice de cor;
- baixos níveis de microrganismos patogénicos.

As características das águas variam lentamente ao longo do ano, com exceção de dois períodos curtos na Primavera e no Outono, quando a diferença de temperatura entre as águas de superfície e as de fundo pode provocar uma mistura rápida, aumentando bruscamente a turvação. A Tabela 1 mostra a relação entre os valores de alguns parâmetros com a profundidade da água (Wetzel, 1993; Alves, 2010, p. 8).

Tabela 1 - Variação de alguns parâmetros das águas de lagos em função da profundidade

Parâmetros	Profundidade (m)			
	1	8	12	20
Temperatura (°C)	25	20	10	10
Oxigénio diss. (%)	150	100	25	0
Sílica (mg/l)	1	1	6	8
Azoto (mgN/l)	0,05	0,0	0,8	3
Fósforo (mgP/l)	0,02	0,05	0,2	2
Algas (n.º células/ml)	20000	5000	1000	20000
H ₂ S (mg/l)	n.d.	n.d.	n.d.	10
Fe	n.d.	n.d.	elevado	Elevado
Mn	n.d.	n.d.	elevado	Elevado

n.d. – não detetado

Fonte: Alves (2010)

Este fenómeno pode explicar-se do seguinte modo (Mines & Lackey, 2009; Alves, 2010, p. 9):

- no Verão, as camadas superficiais das águas de um lago aquecem mais rapidamente do que as do fundo;

- no Outono, as águas superficiais arrefecem mais rapidamente do que as de profundidade, tornando-se mais densas. Este acréscimo de densidade provoca uma grande instabilidade e a conseqüente mistura entre camadas;
- no Inverno verifica-se uma diminuição progressiva da temperatura da água, podendo atingir-se valores constantes ao longo de toda a profundidade;
- na Primavera, o rápido aquecimento das camadas superficiais e a conseqüente mudança de densidades provoca novas misturas entre camadas.

1.1.5 Águas subterrâneas

As águas subterrâneas encontram-se, geralmente, ao abrigo de fontes de poluição e distinguem-se por apresentarem uma grande regularidade das suas características ao longo do tempo. As principais características das águas são (Alves, 2010, p. 10):

- pequena turvação
- baixo índice de cor
- níveis de microrganismos patogénicos baixos ou nulos
- temperatura constante
- dureza elevada
- níveis elevados de ferro e manganésio

1.1.6 Qualidade natural da água

A qualidade natural da água oferece uma larga gama de concentrações de diferentes elementos ou sais. Também se infere que estas serão significativamente mais elevadas no caso das águas subterrâneas, se comparadas com as superficiais (Barbosa, Ferreira, Oliveira, Leitão & Rocha, 2009, p. 32).

No que toca as águas superficiais, pode acontecer que, pelas características naturais da bacia hidrográfica, determinada massa de água apresente substâncias que podem reduzir a sua capacidade de receber e assimilar substâncias similares ou que reajam com estas. A qualidade química natural das águas subterrâneas é geralmente boa, uma vez que, na maioria dos casos, está protegida de efeitos diretos da poluição. Não obstante, poderão existir elementos naturalmente presentes em concentrações elevadas que podem originar problemas de saúde humana (Barbosa, Ferreira, Oliveira, Leitão & Rocha, 2009, p. 34).

A qualidade natural da água pode ser alterada como resultado de atividades antropogénicas, importando caracterizar a origem e o tipo de descarga e o tipo de poluentes associados.

O termo poluição designa genericamente a alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio, como resultado da introdução no ambiente, pelo Homem, de substâncias ou energia capazes de causar prejuízos à saúde humana, aos recursos vivos, aos sistemas ecológicos, danos a estruturas ou quaisquer interferências como o uso legítimo do ambiente (FAO, 1979; Solanes, 1989; Attewell, 1993).

1.1.7 Vulnerabilidade nos sistemas de abastecimento de água

Qualquer estrutura está sujeita a ser afetada por ações que possam pôr em causa a sua funcionalidade, e os sistemas de abastecimento de água são suscetíveis a não funcionarem por múltiplas causas. Estas causas podem afetar a diferentes níveis um sistema de abastecimento de água, tornando-o mesmo inoperacional, e relacionam-se com a água na origem ou com o funcionamento da estrutura de captação.

No que diz respeito à água na origem, a utilização do sistema de abastecimento pode ser afetada por questões ligadas à qualidade da água ou à sua quantidade, ou ambas em simultâneo (Barbosa, Ferreira, Oliveira, Leitão & Rocha, 2009, p. 45).

Quanto a estruturas de captação, os fatores que afetam o seu funcionamento estão relacionados com a existência de condições de captações fora dos valores previstos no projeto (por exemplo, relativas aos níveis, aos caudais, à potência elétrica).

A análise de todas as situações que podem afetar um sistema de abastecimento de água deve ser efetuada tendo em consideração o conceito de vulnerabilidade, entendido como a suscetibilidade do abastecimento de água a ser degradado, diminuído, danificado, ou prejudicado, quer porque a água perdeu qualidade, quer porque não está disponível em quantidade suficiente (Barbosa, Ferreira, Oliveira, Leitão & Rocha, 2009, p. 45).

1.3. Objetivos

O objetivo geral do estágio consistiu em avaliar os indicadores de qualidade da água para consumo humano na cidade do Lubango e contribuir para melhoria do serviço de abastecimento.

São objetivos específicos os seguintes:

- a) Verificar a conformidade dos indicadores físicos, químicos e microbiológicos da água consumida na cidade do Lubango em função de normas internacionais;
- b) Avaliar os procedimentos de amostragem da água;
- c) Propor soluções de melhoria, inclusive no tratamento da água, em função dos problemas identificados.

1.4. Estrutura do Relatório

O Relatório está organizado em seis capítulos – no primeiro estão apresentadas as considerações introdutórias relativas à definição do problema de pesquisa; importância do abastecimento da água pública; aspetos gerais dos recursos hídricos e os objetivos do estágio.

O capítulo dois apresenta a revisão bibliográfica sobre a qualidade da água no abastecimento público, aspetos gerais da qualidade da água, normas e dos parâmetros de qualidade da água, parâmetros físico-químico de controlo de qualidade da água e desinfeção. O capítulo três descreve o quadro legal e institucional do abastecimento da água em Angola, legislação, apresenta a estratégia governamental, regulação, concessão do uso da água e principais projetos em curso.

O capítulo quatro apresenta os material e métodos, com a caracterização da província e município do Lubango, o seu sistema de abastecimento de água, o projeto Águas do Lubango, qualidade da água, programa de controlo de qualidade da água do Lubango, níveis de produção de água das principais fontes da cidade do Lubango, local de estágio, metodologias de análises físico-químicas e metodologias de inquérito.

O capítulo cinco apresentam-se os resultados das análise físico-química e dos inquéritos sobre a qualidade da água e do serviço. Finalmente, no capítulo seis são apresentadas as conclusões e as propostas de melhoria.

2. Qualidade da água no abastecimento público

2.1. Linhas gerais

As iniciativas de potabilização da água para consumo humano aconteceram antes do estabelecimento de padrões e normas de qualidade. Somente em 1914, uma norma federal americana, elaborada pelo serviço de saúde pública da época, estabeleceu um padrão para a qualidade microbiológica da água. Porém, essa norma, que foi criada para ser aplicada à água produzida por sistema de abastecimento e transportada através de navios e trens para outros Estados, limitava-se a contaminantes capazes de causar doenças contagiosas (Moreno, 2009, p. 1).

Entre 1950 e 1970, a OMS publicou as “Normas Internacionais para Água Potável”, que indicaram padrões mínimos de qualidade para a água potável, que em todo mundo serviram como base para monitoramento da qualidade da água produzida e distribuída nos sistemas de abastecimento de água (Moreno, 2009, p. 2). Em 1969, a OMS e a Comunidade Económica Europeia propuseram novo instrumento regulatório para o controlo da qualidade da água para consumo humano com a publicação do documento “*Standards of Drinking-Water Quality and Methods of Examination Applicable to European Countries*”. Esta nova abordagem, em 1983, foi estendida em nível mundial com a publicação do documento “*Guidelines for Drinking Water Quality*”. O principal objetivo dessas diretrizes era a proteção da saúde pública, e serviram como base para que fossem elaboradas normas nacionais que, devidamente aplicadas, deveriam assegurar a inocuidade da água mediante a eliminação ou redução dos contaminantes presentes (Moreno, 2009, p. 2).

Os valores-guia recomendados não eram limites obrigatórios; para estabelecer limites desse tipo cada país deveria considerar esses valores dentro do contexto das condições locais ou nacionais além dos aspetos ambiental, social, económico e cultural (Moreno, 2009, p. 2).

2.1.1. Aspetos gerais da qualidade

Para satisfazer a procura, o Homem recorre às reservas naturais que apresentem água de melhor qualidade. No entanto, a água pura praticamente não existe na natureza, devido à

sua capacidade para dissolver diversas substâncias e transportar materiais em suspensão. Ao modificar a sua composição, a água pode tornar-se um veículo transmissor de doenças e causar prejuízos para o Homem. As substâncias dissolvidas e em suspensão numa água natural, frequentemente, devem ser removidas ou mantidas dentro de certos limites para que esta possa ser destinada ao consumo público (Alves, 2010, p. 11).

2.1.2. Normas de qualidade

Até ao início do século XX, a qualidade de uma água para abastecimento público era avaliada qualitativamente pelo senso comum: deveria apresentar-se límpida, agradável ao paladar e sem cheiro desagradável. Atualmente, a qualidade de uma água é avaliada através da quantificação de algumas das propriedades, seguida de comparação com valores limite que deve respeitar para ser destinada ao consumo público. As normas de qualidade constituem a expressão quantitativa do que se pode designar como características mínimas a que deve obedecer uma água destinada ao abastecimento. Estas características são definidas tendo em consideração que (Alves, 2010, p. 11):

- A água não pode conter nem microrganismos patogénicos, nem substâncias químicas em concentrações tóxicas;
- A água deve ter uma composição tal que os consumidores não questionem a sua segurança (apresentar-se límpida, incolor, inodora, fresca, de sabor agradável e isenta de microrganismos);
- A água deve apresentar características que não provoquem a deterioração dos sistemas de abastecimento.

2.1.3. Classificação das massas de água quanto à sua dureza

A avaliação do grau de dureza ideal de uma água de consumo depende essencialmente dos consumidores. De fato, aqueles que estão acostumados a águas brandas consideram que 100 mg/l (CaCO_3) é uma dureza elevada, enquanto que os utilizadores habituais de águas duras encaram este valor como aceitável. Deve notar-se, contudo, que uma água com uma dureza inferior a 30 – 50 mg dm^{-3} é indesejável, dado que possui características agressivas. Por outro lado, considera-se que uma água com dureza superior a 150 mg dm^{-3} deve ser amaciada para valores variáveis de 50 a 150 mg dm^{-3} , como CaCO_3 , dependendo da qualidade da água bruta e da imposição estabelecida pela ETA em função

das exigências dos consumidores. É de referir ainda que, em geral, as águas superficiais são menos duras do que as águas subterrâneas. Na Tabela 2 mostra-se a classificação das massas de água quanto à sua dureza (Seyrig e Shan, 2007; Alves, 2010, p. 226).

Tabela 2 - Classificação das massas de águas quanto à sua dureza

Águas muito duras	>300 mg/l (CaCO ₃)
Águas duras	150 - 300 mg/l (CaCO ₃)
Águas moderadamente duras	75 - 150 mg/l (CaCO ₃)
Águas moles, macias e brandas	<75 mg/l (CaCO ₃)

Fonte: Alves (2010)

2.1.4. Parâmetros de qualidade da água

A água de abastecimento pública deve ser sujeita a análises para determinar a presença de microrganismos, de substâncias tóxicas, ou ainda, de determinados constituintes indesejáveis, tais como os compostos da interação do cloro com a água, em vários pontos da rede de abastecimento. Dependendo da frequência de análise, os parâmetros a caracterizar podem ser subdivididos em três grupos. O primeiro grupo denomina-se CR1 (Controlo de Rotina 1) e compreende os parâmetros microbiológicos. É aquele em que os parâmetros têm de ser analisados mais frequentemente pois os eventuais perigos para a saúde pública são mais imediatos, caso ocorra contaminação. O segundo grupo denomina-se CR2 (Controlo de Rotina 2) e engloba os parâmetros organoléticos e de natureza físico-química, para as quais as análises efetuadas são menos frequentes do que as do grupo CR1. O terceiro grupo é o CI (Controlo de Inspeção) e inclui parâmetros considerados como indesejáveis e outros correspondentes a substâncias tóxicas. As análises deste grupo são feitas ainda em menor número e em intervalos de tempos mais longos (Alves, 2009, p. 13).

A Tabela 3 mostra os parâmetros indicadores para a água destinada ao consumo humano.

Tabela 3 - Valores paramétricos para a água destinada ao consumo humano estipulados no Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de Agosto

Parâmetros indicadores	Unidade	Valor paramétrico
Alumínio	µg/l Al	200
Amónio	mg/l NH ₄	0,50
Cálcio	mg/l Ca	-
Cloretos	mg/l Cl	250
<i>Cloristridium perfringens</i> (incluindo esporos)	Número/100ml	0
Cor	mg/l PtCo	20
Condutividade	µS/cm a 20° C	2500
Dureza total	-	mg/l CaCO ₃
pH	Escala de Sorensen	≥6,5 e ≤ 9
Ferro	µg/l Fe	200
Magnésio	mg/l Mg	-
Manganésio	µg/l Mn	50
Microcistinas – LR total	µg/l	1
Cheiro	Fator de diluição a 25° C	3
Oxidabilidade	mg/l O ₂	5
Sulfatos	mg/l SO ₄	250
Sódio	mg/l Na	200
Sabor	Fator de diluição a 25° C	3
Números de colónias	Número/ml a 22° C	Sem alteração normal
Número de colónias	Número/ml a 37° C	Sem alteração normal
Bactérias coliformes	Número/ 100ml	0
Carbono orgânico total (COT)	mg/l C	Sem alteração normal
Turvação	UNT	4
Titrio	Bq/l	100
Dose indicativa total	mSv/ano	0,10
Desinfetante residual	mg/l	-

Fonte: adaptado a Alves (2010)

O Decreto- Lei n.º 306/2007, de 27-08 de Portugal, no seu artigo 1.º estabelece o regime da qualidade da água destinada ao consumo humano, procedendo à revisão do Decreto-Lei n.º 243/2001, de 5 de Setembro, que transpôs para o ordenamento jurídico interno a Diretiva n.º 98/83/CE, do Conselho, de 3 de Novembro, tendo por objetivo proteger a saúde humana dos efeitos nocivos resultantes da eventual contaminação dessa água e assegurar a disponibilização tendencialmente equilibrada na sua composição (Coleção Ambiente 4, 2008, p. 466).

Ainda, no n.º 2 do artigo 1.º do presente Decreto-Lei estabelece ainda os critérios de repartição da responsabilidade pela gestão de um sistema de abastecimento público de água para consumo humano, quando a mesma seja partilhada por duas ou mais entidades gestoras (Coleção Ambiente 4, 2008, p. 466).

2.2. Parâmetros físico-químico de controlo de qualidade da água

2.2.1. Temperatura

A temperatura é um parâmetro de grande importância, dado que tem influência na velocidade das reações químicas, na solubilidade dos gases, na taxa de crescimento dos microrganismos, entre outras (Sousa, 2001, p. 2).

A temperatura expressa a energia cinética das moléculas de um corpo, sendo seu gradiente o fenómeno responsável pela transferência de calor em um meio. A alteração da temperatura da água pode ser causada por fontes naturais (principalmente energia solar) ou antropogénicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas). A temperatura exerce influência marcante na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias. Em relação as águas para consumo humano, temperaturas elevadas aumentam as perspectivas de rejeição ao uso. Águas subterrâneas captadas a grandes profundidades frequentemente necessitam de unidades de resfriamento a fim de adequa-las ao abastecimento (FUNASA, 2014, p. 18).

A água quanto a temperatura pode ser classificada em: frias, quando brotam a temperaturas inferiores a 25º C; e termais, quando brotam a temperatura superior a 25º C (Teixeira, 2009).

2.2.2. pH

O potencial hidrogeniónico representa o equilíbrio entre iões H⁺ e iões OH⁻ com escala de variação de 7 a 14 indicando se a água é ácida com pH inferior a 7, neutra com pH igual a 7 ou alcalina apresentando pH superior a 7 (Mota, 2010).

O pH da água depende de sua origem e características naturais, embora possa ser alterado por diversos fatores, como a presença de esgoto doméstico e industrial, oxidação de

matéria orgânica, poluentes atmosféricos (chuva ácida) ou por diversos tipos de resíduos. Como consequência da alteração do pH pode ocorrer efeitos negativos sobre a fauna e flora local, prejuízos à agricultura, influência no processo de tratamento da água. O pH ácido torna a água corrosiva e a água alcalina forma incrustações em condutas (Mota, 2010).

A medição do pH pode ser realizada facilmente por meio dum potenciômetro ou por métodos colorimétricos. Os principais fatores que determinam o pH da água são o gás carbônico dissolvido e a alcalinidade. O pH das águas subterrâneas varia geralmente entre 5,5 e 8,5. Valores de pH fora das gamas recomendadas podem alterar o sabor da água e contribuir para a corrosão do sistema de distribuição, ocorrendo com isso, uma possível extração do ferro, cobre, chumbo, zinco e cádmio (Guo, 1997; Lasheen et al., 2008; Alves, 2010, p. 37). Valores de pH superiores a 11 causam irritação ocular e exacerbação de lesões cutâneas em membranas mucosas, podendo ainda ocorrer problemas gastrointestinais. A exposição a baixos valores de pH pode causar igualmente irritação e vermelhidão nos olhos. Os problemas de pele causados por águas com valores de pH inferiores a 2,5 são extensos e irreversíveis (WHO, 2003; Alves, 2010, p.37).

2.2.3. Turvação

A turvação, ou turbidez, é causada por matérias sólidas em suspensão (silte, argila, coloides, matéria orgânica, etc.). Resultando na alteração da penetração da luz pelas partículas em suspensão provocando sua difusão e absorção (Richter, 2009). É encontrada na maioria das águas superficiais, mas normalmente não existe nas águas subterrâneas, exceto em poços e nascentes após chuvas intensas. O aparecimento da argila ou outras partículas suspensas inertes pode não afetar desfavoravelmente a saúde pública, mas uma água contendo tais materiais requer tratamento para a tornar apropriada ao uso desejado. A determinação da turvação é realizada em UNT (unidades nefelométricas de turvação) comparando a refração de um feixe de luz ao passar pela amostra com a refração de um feixe de luz de igual intensidade ao passar por uma suspensão padrão (Alves, 2010, p. 42).

Para quantificar a turbidez, utilizam-se equipamentos denominados nefelômetros. Utilizando uma célula fotoelétrica, mede-se a quantidade de luz dispersa através da amostra de água a 90° da luz incidente. A escala de medição é calibrada com padrões

conhecidos permitindo medir valores baixos como 0,1 UNT (unidades nefelométricas). A dispersão da luz causada pela turbidez pode ser descrita pela lei de Raleigh (Richter, 2009).

A turbidez pode ser interpretada como uma medida indireta da quantidade de sólidos em suspensão e, portanto, é útil no controle do tratamento de água potável, em que a quantidade de sólidos em suspensão é geralmente baixa. Entretanto o tamanho e a concentração das partículas têm grandes influências na medição da turbidez (Richter, 2009).

2.2.4. Condutividade elétrica

A condutividade elétrica é a capacidade da água em conduzir a eletricidade, sendo definida como o recíproco da resistividade. Ela depende da concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas (ânions e cátions) e pode variar de acordo com a temperatura. Quanto mais íons estão presentes na água, maior é a corrente e maior a condutividade (Richter, 2009).

A determinação da condutividade pode ser feita através do método eletrométrico, utilizando-se um condutivímetro digital. A unidade de condutância no Sistema Internacional de Unidades (S.I.), é reportada como siemens por metro (S/m). Entretanto, em medições realizadas em amostras de água, utiliza-se preferencialmente o microsiemens por centímetro, $\mu\text{S cm}^{-1}$ (Richter, 2009).

A maior parte das substâncias dissolvidas na água encontra-se na forma iônica e o parâmetro condutividade não determina, especificamente, quais os íons presentes em determinada amostra de água, mas pode contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram no corpo hídrico ocasionados geralmente por lançamentos de resíduos industriais, mineração ou esgotos (Deberdt, 1997).

Como a condutividade aumenta com a temperatura, usa-se 25° C como temperatura padrão, sendo necessário fazer a correção da medida para valores diferentes se o condutivímetro não o fizer automaticamente. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade específica da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água (Alves, 2010, p. 35).

2.2.5. Sólidos dissolvidos totais

Analiticamente a concentração total de sólidos (sólidos totais) numa água é definida como a matéria que permanece como resíduo após evaporação de 103 a 105°C. Os sólidos totais, ou o resíduo após evaporação, podem ser divididos em sólidos em suspensão e sólidos filtráveis. Usualmente o filtro é escolhido de forma que o diâmetro mínimo dos sólidos em suspensão é de 10^{-6} m. A fração dos sólidos em suspensão inclui os sólidos sedimentáveis que decantam após um período de 60 minutos (Sousa, 2001, p. 3).

Nas águas naturais os sólidos dissolvidos estão constituídos principalmente por carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos, nitratos de cálcio, magnésio e potássio. Os minerais contidos nas águas naturais podem ser diluídos (águas de chuva) ou aumentar pela adição de despejos industriais (Probst & Suchet, 1992). A fração dos sólidos filtráveis é constituída por sólidos coloidais e dissolvidos. Os sólidos coloidais incluem as partículas, com um diâmetro aproximado compreendido entre 1×10^{-9} m e 1×10^{-6} m. Os sólidos dissolvidos incluem moléculas orgânicas e inorgânicas que estão em solução na água.

Cada uma das categorias referidas podem, ainda, ser classificadas de acordo com a sua volatilidade a 600°C. Esta classificação destina-se a averiguar as parcelas orgânica e inorgânica dos sólidos totais (Sousa, 2001, p. 3). À temperatura de 600°C, a parte orgânica dos sólidos volatiliza e a parte inorgânica permanece sob a forma de cinzas. Assim, são definidos os sólidos em suspensão voláteis e os sólidos em suspensão fixos como sendo, respetivamente, a parcela orgânica e inorgânica dos sólidos totais (Sousa, 2001, p. 3).

2.2.6. Dureza

A dureza é a característica conferida a pela presença de alguns iões metálicos bivalentes, principalmente os de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) e em menor grau os de ferro (Fe^{2+}) e estrôncio (Sr^{2+}). A dureza é conhecida pela sua propriedade de impedir a formação de espumas com o sabão; os sais de cálcio e magnésio reagem sobre os radicais dos ácidos graxos dos sabões formando compostos insolúveis antes da formação da espuma (Richter, 2009).

Dependendo dos iões metálicos presentes na água e dos aniões a eles associados, a dureza pode ser expressa como dureza temporária, permanente e total (Alves, 2010, p. 35):

- Dureza temporária ou carbonatada: é devida aos íons de cálcio e magnésio que sob aquecimento se combinam com íons bicarbonato e carbonato, podendo ser eliminado por fervura. Em caldeiras e tubulações por onde passa água quente, os sais formados devido à dureza temporária precipitam, formando material incrustante.
- Dureza permanente: é devida aos íons de cálcio e magnésio que se combinam com nitratos, sulfatos, cloretos e outros, dando origem a compostos solúveis que não podem ser retirados por aquecimento.
- Dureza total: é a soma da dureza temporária com a permanente. A dureza é expressa em miligramas por litros (mg/l) ou miliequivalente por litro (meq/l) de CaCO₃ (carbonato de cálcio) independentemente dos íons que a originem.

Do ponto de vista da saúde pública, não há objeções ao consumo de águas duras, pelo contrário, alguns pesquisadores encontraram correlação entre águas moles e algumas doenças cardíacas, verificando-se um menor índice de pessoas com problemas vasculares em regiões de águas moles do que em áreas de águas duras (Richter, 2009). Porém, pesquisas realizadas na Inglaterra mostraram que a presença de sais de cálcio na água, possibilita o surgimento da ameba *Acanthamoeba* causadora da ceratite infecciosa e podendo provocar a cegueira (Macêdo, 2007).

Além de aumentar o consumo de sabões e de formar incrustações, a dureza afeta as características organoléticas da água e está associada à formação de urólitos. Estes são concreções organizadas (formações rochosas que ocorrem como resultado da sedimentação e cristalização de minerais dissolvidos na água), macroscópicas, policristalinas, compostas geralmente de uma matriz orgânica (5%) e cristaloides inorgânicos (95%). No entanto, as águas duras têm efeitos potencialmente protetores contra as doenças cardiovasculares (Yang *et al.*, 2006; Alves, 2010. p. 35). Para reduzir a dureza, pode-se submeter a água a processos de abrandamento por precipitação ou desmineralização por troca iônica (Richter, 2009).

2.2.7. Ferro

O ferro (Fe) contido nas águas superficiais pode ter origem telúrica, mas provém frequentemente da lixiviação de terrenos e de poluição mineira e metalúrgica. No que se

refere à água de abastecimento público, o ferro deriva com frequência da ação da água sobre as canalizações (Lasheen *et al.*, 2008; Alves, 2010, p. 37). É também um elemento presente em quase todas as águas subterrâneas em teores abaixo de 0,3 mg/L. Os minerais escuros (máficos) portadores do elemento, como magnetite, biotite, pirite e anfibólios, constituem as principais fontes naturais de ferro. O ferro está presente em águas subterrâneas sob três formas: ferroso (bicarbonato ferroso), férrico (hidróxido férrico) e heme (ferro orgânico – complexo orgânico do ferro com vegetação decomposta). Desta forma, águas com altos conteúdos de ferro, ao saírem de poços são incolores, mas ao entrarem em contacto com o oxigénio do ar ficam amareladas, o que lhes confere uma aparência nada agradável. Apesar do organismo humano, dependendo da idade e do sexo, necessitar de 0,5 a 20 mg de ferro por dia (Schumann *et al.*, 2007; Alves, 2010, p. 37), os padrões de potabilidade exigem que uma água de abastecimento público não ultrapasse os 200 µg/l. Este limite é estabelecido em função de problemas estéticos relacionados com a presença do ferro na água e do sabor desagradável que lhe confere (Alves, 2010, p. 37).

2.2.8. Manganês

É um elemento que acompanha o ferro em virtude do seu comportamento geoquímico. É essencial aos seres humanos e outros animais e está presente em variados alimentos. Encontra-se muitas vezes nas águas superficiais bem como nas águas subterrâneas, particularmente em condições anaeróbias ou de baixa oxidação. Ocorre em teores abaixo de 0,2 mg/l, quase sempre como óxido de manganésio bivalente que se oxida na presença do ar, dando origem a precipitados negros (Katsoyiannis *et al.*, 2004; Kohl & Medlar, 2007; Alves, 2010, p. 38). A presença de Mn em quantidades excessivas nas águas de abastecimento é indesejável devido ao seu efeito no sabor, tingimento de instalações sanitárias, aparecimento de manchas nas roupas lavadas e formação de depósitos nos sistemas de distribuição. Causa danos ao nível neurológico após exposição via respiratória ou após a ingestão de água com elevados níveis de contaminação (Kondakis *et al.*, 1989; Gerber *et al.*, 2002; Alves, 2010, p. 39).

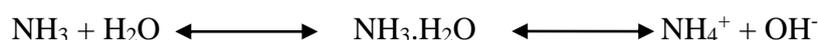
2.2.9. Cloretos

Os cloretos geralmente provêm da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar. São encontrados em águas naturais em níveis baixos, altas concentrações além de conferir sabor salino e propriedades laxativas, caracterizam a presença de esgotos domésticos aumentando a corrosividade da água (Macêdo, 2007).

O ião Cl^- tem origem em sais muito solúveis e geralmente está associado ao sódio (Na^+) principalmente em águas salobras. Em águas doces, a quantidade de cloretos pode variar até cerca de 250 mg/L, valor que coincide com o máximo recomendado pelos padrões de potabilidade (Richter, 2009).

2.2.10. Amónio

O ião amónio (NH_4^+) é formado por protonação do amoníaco (NH_3):



A sua presença na água é indicativa de poluição devida à degradação de matéria orgânica azotada, contaminação por fertilizante ou à descarga de efluentes industriais com azoto amoniacal. A toxicidade para vida aquática depende do grau de dissociação entre as duas espécies de azoto amoniacal, o qual, por sua vez, depende da temperatura e do pH. O odor a compostos amoniacaais é perceptível para concentrações na água de aproximadamente 1,5 mg/L. O sabor torna-se perceptível para concentrações superiores a 35 mg/L. A presença de compostos amoniacaais em águas de abastecimento em concentrações superiores a 0,2 mg/L diminui a eficiência da desinfecção, causando problemas organoléticos, já que até 68% do cloro reage com a amónia, tornando-o indisponível para o tratamento. As argamassas de cimento utilizadas no revestimento de condutas podem libertar compostos amoniacaais para as águas de consumo e comprometer a cloração (WHO, 2003; Alves, 2010, p. 33).

2.2.11. Sulfatos

Ocorrem naturalmente nas águas como resultado da dissolução do gesso. Tal como para os cloretos, o teor da água em sulfatos não é grandemente alterado pelos tratamentos

convencionais que sofrem as águas destinadas a abastecimento público. Níveis muito elevados podem provocar a corrosão do betão e, se o teor de oxigénio dissolvido na água baixar muito, o SO_4^{2-} pode ser reduzido a H_2S , com todos os inconvenientes de mau odor daí resultantes. Valores de sulfatos superiores a 250 mg/L não são perigosos, mas podem ocasionar diarreias sobretudo em crianças ou em pessoas não habituadas a teores tão elevados. As águas que contêm concentrações elevadas de sulfato, devido à lixiviação de depósitos naturais de sulfato de magnésio ou sulfato de sódio, podem ter efeitos laxativos indesejáveis (Skipton *et al.*, 2010; Alves, 2010, p. 40).

Os sulfatos presentes na água doce, geralmente apresentam concentração de 2 mg/L a 150 mg/L, não sendo recomendado que exceda 250 mg/L em sistemas públicos de abastecimento. Em concentrações superiores atua como laxante e associado a iões de cálcio e magnésio promove dureza permanente na água podendo ser um indicativo de poluição em fase de decomposição de matéria orgânica além disso altas concentrações prejudicam a resistência de concretos (Richter, 2009).

2.2.12. Azoto

O azoto é um elemento indispensável para o crescimento das algas, porém em grandes quantidades pode acarreta o problema de eutrofização de lagos ou represas. Nos recursos hídricos o nitrogénio pode apresentar-se de diversas formas como, em nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amónia (NH_3), nitrogénio molecular (N_2) e nitrogénio orgânico (Macêdo, 2007).

O azoto amoniacal pode ser encontrado nas águas em forma de amónia (NH_3) ou de ião amónio (NH_4^+), a amónia é oxidada a nitrito e após a nitrato através das bactérias nitrosomonas. A presença do nitrogénio amoniacal e orgânico indica poluição recente por descarga de esgoto; já os nitratos indicam poluição remota, pois estes são o produto final da oxidação (Macêdo, 2007).

2.3. Desinfecção

A desinfecção é um método de tratamento que tem como objetivo eliminação de microrganismos potencialmente nocivos para saúde dos consumidores. No processo nem todos os agentes patogénicos são destruídos, salientando-se, como exemplo, os vírus da

hepatite e da poliomielite, o que diferencia este processo de esterilização. A desinfecção é o tratamento mais importante a que água deve ser sujeita. Todas as águas de abastecimento devem ser desinfetadas, mesmo nos casos em que exista uma garantia microbiológica. Embora a maior parte dos microrganismos possa ser removida com um esquema convencional de tratamento água (coagulação, floculação, sedimentação e filtração) a sua erradicação só é garantida através da desinfecção. Estima-se que 88% das doenças infecciosas registadas a nível mundial sejam de veiculação hídrica (Pruss *et al.*, 2002; Alves, 2010. p. 175) e que aproximadamente 4000 crianças morrem por dia devido ao consumo de água imprópria (Madamombe, 2006; Alves, 2010, p. 175).

A desinfecção pode ser realizada por recurso a diversos meios:

Agentes físicos:

- Calor;
- Luz solar;
- Radiação ultravioleta;
- Radiações ionizantes; e
- Ultrassons.

Agentes químicos:

- Oxidantes (cloro, bromo, iodo, ozono, permanganato de potássio);
- Iões metálicos (prata);
- Ácidos e bases; e
- Detergentes.

Um desinfetante ou processo de desinfecção deve apresentar as características seguintes (Alves, 2010, p. 179):

- Ser tóxico, a baixas concentrações, para os microrganismos;
- Não ser tóxico para os seres humanos e animais;
- Ser solúvel em água;
- Ser eficaz às temperaturas normais da água de consumo;
- Ser estável, permitindo a manutenção de concentrações residuais durante longos períodos de tempo;
- Não reagir com outra matéria orgânica que não seja a dos microrganismos;

- Não ser agressivo a metais ou vestuário;
- Existir em grandes quantidades e a um preço acessível;
- Ser fácil de manipular;
- Permitir um controlo fácil das suas concentrações.

O uso do cloro na desinfeção da água foi iniciado com a aplicação do hipoclorito de sódio (NaOCl), obtido pela decomposição eletrolítica do sal. Inicialmente, o cloro era utilizado como agente desinfetante apenas em casos epidémicos. A partir de 1902, a cloração foi instituída como prática de rotina na Bélgica. Em 1909, passou a ser utilizado o cloro guardado em cilindros revestidos com chumbo. Os processos de cloração sofreram uma evolução contínua, podendo esta progressão ser caracterizada em diferentes décadas (Meyer, 1994; Alves, 2010, p. 179):

- 1908 a 1918: início da cloração das águas; aplicação de uma pequena quantidade de cloro;
- 1918 a 1928: acentuada expansão do uso do cloro líquido;
- 1928 a 1938: uso de cloraminas; adição conjunta de amónia e cloro, de modo a obter um teor residual de cloraminas. Ainda não eram realizados testes específicos para a determinação dos resíduos de cloro;
- 1948 a 1958: determinação das formas de cloro combinado e livre, cloração baseada em análises bacteriológicas.

2.3.1. Teoria da desinfeção

A eliminação de microrganismos por um desinfetante é descrita pela lei empírica de Chick, de acordo com a qual a taxa de destruição é proporcional ao número de microrganismos presentes na água, segundo uma relação de primeira ordem (Alves, 2010, p. 180),

$$\frac{dN}{dt} = -kN$$

Onde,

N = n.º de microrganismos na água

t = tempo de contacto (s)

k = constante de reação (s^{-1})

2.3.1.1. Influência do tempo de contacto

De acordo com a lei de Chick, para a mesma concentração de desinfetante, quanto maior o tempo de contato, maior a destruição de microrganismos. Todavia, são comuns os desvios a esta lei, dado que têm observado taxas de destruição variáveis com o tempo de contacto. Uma modificação da lei de Chick que contempla estes desvios é a seguinte (Alves, 2010, p. 181),

$$\ln \frac{Nt}{N_0} = -kt^m$$

Nesta equação m é uma constante. Se $m < 1$, a taxa de destruição decresce com o tempo, e se $m > 1$, a taxa de destruição cresce com o tempo. As constantes k e m podem ser determinadas traçado a variação de $-\ln (N/N_0)$ em função do logaritmo do tempo de contacto (Alves, 2010, p. 181).

2.3.1.2. Influência da concentração de desinfetante

A eficiência de um desinfetante depende da sua concentração. O efeito desta variável tem sido descrito através da seguinte relação empírica (Alves, 2010, p. 181),

$$C^n t_p = constante$$

Onde,

C = concentração de desinfetante

t_p = tempo de contato para se obter uma percentagem de eliminação de microrganismos

n = coeficiente característico do desinfetante

2.3.1.3. Influência da temperatura da água

Um aumento da temperatura da água tem como efeito um crescimento dos valores das constantes de reação química e bioquímica. Assim, as variações das constantes k em função da temperatura satisfazem a relação de Arrhenius (Alves, 2010, p. 182),

$$K = c_{te} e^{-\left(\frac{\Delta H_a}{RT}\right)}$$

Sendo,

K = constante de reação (s^{-1})

c_{te} = constante

ΔH_a = energia de ativação (J)

R = constante dos gases perfeitos = $8,314 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

T = temperatura absoluta (K)

Os valores da constante e da energia de ativação são determinados experimentalmente representando a variação de $\log k$ em função do inverso da temperatura (T^{-1}). A função assim obtida é definida pela seguinte equação, derivada da anterior:

$$\text{Log } k = \log c_{te} - \left(\frac{0,434\Delta H_a}{R}\right) \frac{1}{T}$$

2.3.2. Desinfecção pelo cloro

O método mais comum de desinfecção usa o cloro, devido aos seus aspetos positivos:

- Inativa com efetividade um largo espectro de organismos patogénicos comumente encontrados na água;
- Permite a manutenção de uma concentração residual na água facilmente mensurável e controlável;
- É economicamente acessível;
- É utilizado com sucesso há longa data em diversos países e, apesar do perigo associado ao seu manuseamento e aplicação, o registo de acidentes é negligenciável.

Há, contudo, aspetos que constituem motivo de preocupação no que toca à utilização do cloro:

- Reage com muitas substâncias orgânicas e inorgânicas naturalmente presentes na água, originando produtos residuais da desinfecção indesejáveis;

- Elevadas doses podem provocar problemas associados ao sabor e odor;
- A prevenção dos perigos relacionados com a utilização do cloro, principalmente na forma gasosa, requer programas especiais de tratamento.

Embora o objetivo primário da utilização do cloro seja a desinfecção da água, devido ao seu elevado poder oxidante, pode também ser aplicado com outros propósitos (White, 1992; Alves, 2010, p. 183):

- Controlo do sabor e odor;
- Prevenção do crescimento de algas;
- Remoção de ferro e manganésio;
- Destruição de sulfureto de hidrogénio;
- Branqueamento de certos compostos orgânicos corados;
- Manutenção da qualidade da água no sistema de distribuição controlando o crescimento de limos;
- Melhoria da eficácia da coagulação com sílica ativada e da filtração de contaminantes particulados.

2.3.3. Desinfecção pelo dióxido de cloro

A utilização do dióxido de cloro (ClO_2) como desinfetante iniciou-se na década de setenta do século XX, tendo-se atestado o seu elevado poder oxidante e, conseqüentemente, a capacidade de eliminar sabor, odor, ferro e manganésio existentes na água (Black & Veatch Corporation, 2010; Volk *et al.*, 2002; Alves, 2010, p. 207). A aplicação de ClO_2 é sobretudo realizada em águas cujo teor de matéria orgânica preclui o recurso ao cloro devido à formação de compostos organoclorados cancerígenos. Contrariamente ao cloro, o ClO_2 não reage com o azoto amoniacal, não forma trihalometanos e clorofenóis e não depende do pH quando este apresenta valores entre 5 e 10 (EPA, 1999; Alves, 2010, p. 207). Assim, as águas com conteúdo orgânico significativo podem ser tratadas com dióxido de cloro e uma vez concretizada a oxidação daquele, efetua-se uma pós-cloração para manter uma concentração residual de cloro no sistema de distribuição. Acresce ainda que o ClO_2 é mais eficaz do que o cloro na eliminação de esporos e certos vírus. A camada protetora destes últimos, de natureza, apresenta a propriedade de absorver o dióxido de cloro, concentrando-o até níveis letais. O ClO_2 é utilizado como desinfetante primário ou

secundário, sendo utilmente empregue na redução de THM e outros subprodutos da desinfecção, na remoção da cor e na eliminação de sulfuretos e fenóis (Chang *et al.*, 2000; Salvato *et al.*, 2003; Alves, 2010, p. 207).

O ClO_2 é um gás instável e explosivo a uma temperatura superior a -40°C e a níveis superiores a 10% no ar, pelo que deve ser produzido imediatamente antes da sua injeção na água (EPA, 1999; Alves, 2010, p. 208).

2.3.4. Desinfecção pelas cloraminas

As cloraminas são geradas pela adição sequencial de cloro (ácido hipocloroso) e amónia numa proporção Cl_2/NH_3 variável de 3:1 a 5:1. Embora a ordem de adição destes dois produtos seja indiferente, o cloro é normalmente incorporado primeiro para agir desinfetante primário e, após 10 a 30 minutos, acrescenta-se a amónia para prevenir a formação posterior de subprodutos da desinfecção (SPD). Os métodos mais comuns de adição do cloro incluem a utilização de um sistema de educação e diluição do gás na água ou a incorporação direta de solução de hipoclorito de sódio a 12%. A alimentação de amónia é executada através da inclusão direta do produto anidro na água ou através de um sistema de educação e diluição. Podendo ainda efetuar-se a mistura de uma solução aquosa de amónio a 20% com a água. A adição à água é normalmente efetuada antes da bombagem desta última para o sistema de distribuição (Alves, 2010, p. 209).

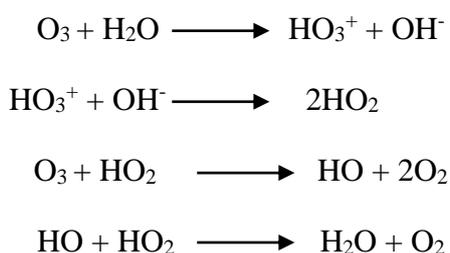
A monocloramina é utilizada essencialmente como desinfetante secundário para permitir a manutenção de uma concentração residual no sistema de distribuição. O seu emprego é sobretudo realizado onde a água tratada com níveis significativos de precursores pode originar elevadas concentrações de SPD, no caso de se recorrer ao cloro como desinfetante. Todavia, apesar da monocloramina reduzir, de forma substancial, a formação de SPD, não elimina totalmente a sua formação. Em resultado de uma taxa de decaimento lenta, a monocloramina é mais eficaz do que o cloro no controlo de biofilmes e coliformes nos sistemas com tempos de retenção longos. Apresenta também uma tendência mais baixa para reagir com a matéria orgânica e, por isso, minimiza a formação de compostos responsáveis por sabor e odor objetáveis (Bougeard *et al.*, 2010; Alves, 2010, p. 210). A pH igual ou inferior a 7, o cloro livre é 200, 200, 50 e 2,5 vezes mais efetivo na inativação de bactérias, vírus, esporos e cistos, respetivamente. A utilização de monocloramina nos sistemas de distribuição não deve dispensar alguns cuidados,

sobretudo se as águas de abastecimento já contêm cloro residual livre. Podem registrar-se elevadas taxas de Cl_2/N quando distintos produtos residuais presentes nas águas se combinam, conduzindo a possível formação de dicloramina e tricloreto de azoto, de sabor e odor desagradáveis quando presentes em concentrações superiores a 0,8 e 0,02 mg/l, respetivamente (Dennis *et al.*, 1991). Se a relação Cl_2/N for demasiado baixa e existirem condições propícias ao crescimento de bactérias nitrificantes, podem ocorrer fenómenos de nitrificação e de proliferação bacteriana. Para controlar a nitrificação na maioria dos sistemas, verificou-se ser necessária a dosagem de 2,0 mg/l de monocloramina (Norton e LeChevallier, 1997).

2.3.5. Desinfecção pelo ozono

2.3.5.1. Aspeto químico

O ozono reage com a água de acordo com o esquema reativo seguinte (Alves, 2010, p. 213):



Os radicais livres OH e HO_2 , de elevado poder oxidante, são as espécies ativas no processo de desinfecção.

2.3.5.2. Características oxidantes e desinfetantes do ozono

O ozono é um gás azulado com cheiro desagradável e possui um poder oxidante muito elevado, propriedade que o torna particularmente eficiente na eliminação de (Alves, 2010, p. 213):

- Cor, cheiro e sabor;
- Iões metálicos (Fe^{2+} e Mn^{2+});
- Matéria orgânica;
- Micropoluentes.

Ao contrário do cloro, o ozono não forma com as substâncias com que reage novos compostos estáveis. É capaz de destruir macromoléculas orgânicas como os ácidos fúlvicos e húmicos e de degradar compostos potencialmente cancerígenos como hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, fénois e clorofénois. Entre as características do ozono contam-se ainda (Karnik *et al.*, 2005; Kiely, 1998; Von Gunten, 2003; Zhang *et al.*, 2001):

- O ozono possui um poder desinfetante 10 a 100 vezes superior ao cloro, eliminando mesmo os microrganismos mais resistentes;
- As propriedades desinfetantes do ozono não se alteram num intervalo de pH compreendido entre 6 e 8,5;
- A quantidade a adicionar a água, a fim de garantir uma desinfeção completa, deve ter em conta os teores de matéria orgânica e inorgânica facilmente oxidáveis;
- O elevado poder desinfetante determina tempos de contato com a água relativamente curtos;
- O ozono é capaz de transformar grande parte das substâncias não degradáveis em compostos degradáveis;
- Tem efeito microfloculante;
- O recurso a ozonização contribui para um decréscimo significativo dos teores de THM e ácidos haloacéticos.

Entre as desvantagens apontadas no ozono, contam-se (Alves, 2010, p. 214):

- a aplicação do ozono pode conduzir à formação de subprodutos potencialmente cancerígenos, incluindo aldeídos (formaldeído, glioxal e metilglioxil), cetonas, ácido glicólico e ácido pirúvico (Hammes *et al.*, 2006; Karnik *et al.*, 2005; Swietlik *et al.*, 2009).
- dada a sua biodegradabilidade, os subprodutos formados podem servir com substrato de crescimento de microrganismos nos sistemas de distribuição de água potável. No entanto, os subprodutos da ozonização podem ser removidos por biofiltração (von Gunten, 2003; Yavich e Masten, 2003).

- na presença de bromo, podem formar-se inúmeros subprodutos orgânicos bromados, tais como bromofórmio, bromoalcanos, bromo-hidrinas, etc. (von Gunten, 2003; Zhang *et al.*, 2005). Contudo, quer pelas concentrações observadas, quer pela sua genotoxicidade, o subproduto mais preocupante é o ião brometo (BrO_3^-). A utilização de zeólitos e a organização catalítica com óxidos metálicos têm sido apontados como estratégias para redução de subprodutos bromados (Sagehashi *et al.*, 2005; Zhang *et al.*, 2008).
- A pré-ozonização de águas ricas em compostos húmicos diminui a eficiência de remoção de matéria orgânica natural na etapa de coagulação, pelo que é aconselhável efetuar a pré-coagulação das substâncias húmicas, seguindo-se a ozonização para oxidar a matéria orgânica não húmica (Bose e Reckhow, 2007).
- O ozono não possui poder desinfetante residual.

2.3.6. Desinfecção por radiação ultravioleta

A radiação ultravioleta pode ser subdividida em UV vácuo (100-200 nm), UV-C (200-280 nm), UV-B (280-315 nm) e UV-A (315-400 nm). Para efeito germicida, o intervalo ótimo de comprimentos de onda situa-se entre 245 e 285 nm. É nesta faixa que o ADN dos microrganismos absorve radiação UV, induzindo alterações na informação genética que impedem a multiplicação. A maioria dos microrganismos é eliminada com pequenas doses de radiação. Para eliminação de *Cryptosporidium* e *Giardia* os consumos são mais elevados [EPA, 1999; Hijnen *et al.*, 2006; Alves, 2010, p. 219].

Dependendo da conceção, os reatores UV podem ser classificados como sistemas de canal aberto, sistemas de canal fechado sem contato, ou sistemas de contato em canal fechado. Os sistemas de canal fechado de contato que tratam fluxos pressurizados representam a configuração mais utilizada para a desinfecção de água potável. Os componentes deste tipo de reator UV fechado de contato podem incluir lâmpadas, balastros, camisas de quartzo, mecanismo de limpeza das camisas de quartzo, compartimento do reator, medidores de intensidade UV, sensores de caudal, comando e controlo eletrónicos, alarmes e válvulas de controlo. As camisas de cristal de quartzo protegem as lâmpadas da deterioração e, no caso de lâmpadas de baixa pressão, isolam-nas termicamente da água permitindo assim a sua operação a uma temperatura ótima, independentemente da temperatura da água. A transmitância UV da camisa de quartzo depende do tipo de quartzo usado e é tipicamente

90% a 254 nm. Durante a desinfecção da água acumulam-se aderências inorgânicas sobre as camisas de quartzo que reduzem a transmissão da luz UV das lâmpadas para água envolvente. Para minimizar este inconveniente, utilizam-se sistemas variados de limpeza automáticos e manuais incluindo ultra-sons, limpadores com aro de teflon, jorros a alta pressão e escovas de arame com diversos graus de êxito na remoção das incrustações acumuladas sobre as camisas de quartzo (Kreft *et al.*, 1986; Alves, 2010, p. 220). No entanto, a experiência demonstrou que, para remover completamente as incrustações, a limpeza química é sempre necessária (Alves, 2010, p. 220).

O recurso a radiação UV como tratamento de desinfecção tem associado os seguintes aspetos (Caron *et al.*, 2007; Kiely, 1998; Wright e Cairns, s/d):

- a água não deve apresentar turvação;
- não aconselhável para água com elevados teores de ferro, cálcio e fenóis;
- necessidade de dispor de finos lençóis de água;
- possibilidade de ocorrência de foto-oxidação de compostos;
- inexistência de problemas relacionados com cheiro ou sabor desagradáveis;
- poder desinfetante residual nulo;
- é minimizada a possibilidade de formação de SPD;
- não deixa sabores e odores desagradáveis na água tratada;
- as micropartículas presentes na água podem servir de escudo protetor para os microrganismos, pelo que a desinfecção UV pode não ser totalmente eficaz;
- elimina o transporte, armazenamento e manipulação de produtos químicos perigosos;
- as taxas de desativação microbiana não dependem do pH e da temperatura da água;
- requer tempo de residência curto, pelo que os sistemas de UV ocupam menores áreas do que as da desinfecção química;
- os sistemas são modulares, permitindo efetuar expansões com facilidade.

3. Abastecimento de água em Angola

3.1. Legislação

A Gestão dos Recursos Hídricos em Angola encontra-se definida com base num conjunto de diplomas legislativos onde se destaca:

- A Lei de Águas, Lei n.º 6/02 de 21 de junho;
- Regulamento de Utilização Geral dos Recursos Hídricos, aprovado pelo Decreto Presidencial n.º 82/14, de 21 de abril;
- Regulamento de Abastecimento Público de Água e de Saneamento de Águas Residuais, aprovado pelo Decreto Presidencial n.º 83/14, de 22 de abril;
- Programa Nacional Estratégico para a Água 2013-2017;
- Plano Nacional da Água – 2017-2025;
- PDISA – Projeto de Desenvolvimento Institucional do Setor das Águas, com a participação do Banco Mundial.

A) Lei n.º 6/02 de 21 de junho, Lei de Águas

Ao abrigo da alínea b) do artigo 88º da Lei Constitucional, a Assembleia Nacional aprova Lei n.º 6/02 de 21 de junho, Lei de Águas. A presente lei no seu artigo 1.º define os princípios gerais do regime jurídico inerente ao uso dos recursos hídricos (Lei de Águas, 2002).

Esta Lei estabelece as regras para o uso e utilização da água tendo em vista a gestão integrada, o desenvolvimento dos recursos hídricos e a sua proteção e conservação, e compete às instituições do Estado a definição da política geral e o seu desenvolvimento.

A Lei de Águas estabelece, na alínea a) do artigo 3.º, que o «domínio público hídrico, a política geral da sua gestão e desenvolvimento, bem como as competências, são atribuídos às instituições do Estado com elas relacionadas».

Cabe ao organismo da tutela, a articulação com as instituições interessadas na gestão das águas, na implementação das orientações gerais da política de gestão de águas.

O artigo 10.º da Lei de Águas define os objetivos das políticas de gestão de águas, na alínea 2 estabelece que, ao Estado compete implementar, em todo o território nacional e respeitando os Princípios de Gestão de Águas, políticas de gestão orientadas para a realização dos seguintes objetivos:

- a) Garantir ao cidadão e entidades coletivas o acesso e uso de água;
- b) Assegurar o equilíbrio permanente entre os recursos hídricos disponíveis e a procura;

- c) Garantir o uso das águas disponíveis para todos os fins, através da utilização racional e planejada, com vista ao desenvolvimento sustentado da economia nacional;
- d) Abastecer as populações de forma contínua e suficiente em água potável, para satisfação das suas necessidades domésticas e de higiene;
- e) Promover, enquadrar e regulamentar a utilização da água para fins agrícolas, pecuários, industriais e hidroelétricos;
- f) Promover as ações de pesquisa e o uso eficiente dos recursos hídricos existentes;
- g) Garantir o adequado saneamento das águas residuais e regular o lançamento de efluentes no meio hídrico;
- h) Salvaguardar a navegação e transporte, o desenvolvimento da pesca, a prática desportiva e a recreação nos corpos de água.

B) Decreto Presidencial n.º 83/14 de 22 de abril

Regulamenta o Abastecimento Público de Águas e de Saneamento de Águas Residuais, definindo no seu artigo 1.º o regime de exercício das atividades de abastecimento público de água e de saneamento de águas residuais.

Ainda, no seu artigo 2.º (Âmbito de aplicação), nas suas alíneas 1 e 2, exorta:

1. O presente Diploma é aplicável aos sistemas de abastecimento público de água e de saneamento de águas residuais.
2. Sem prejuízo da legislação em vigor, o presente Diploma é aplicável, com as necessárias adaptações, aos sistemas de abastecimento particular de água e de saneamento de águas residuais, relativamente ao licenciamento da atividade, às exigências técnicas das respetivas instalações e sua segurança, à complementaridade dos sistemas, à qualidade da água potável e dos padrões de tratamento das águas residuais e à observância das normas de saúde pública e ambiente.

3.2. Enquadramento institucional

No que se refere ao enquadramento institucional no setor das águas, a Figura 1 apresenta o organigrama institucional do setor da água. No topo encontra-se o responsável pelo

Ministério da Energia e Águas (MINEA). É função do Ministério auxiliar o Presidente da República, que governa a nível nacional, e que tem como objetivo propor a formulação, conduzir, executar e controlar a política do Executivo, entre outros domínios, no setor do abastecimento de água e saneamento (República de Angola, 2011; Freire, 2012, p. 17). De entre as várias instituições apresentadas, uma das que maior importância tem é a Direção Nacional de Águas (DNA). Devido à tendência de descentralização da gestão dos recursos hídricos para as entidades autónomas criaram-se as Direções Provinciais de Energia e Águas (DPEA) (Vogel, 2011). Observa-se que o ministério apresenta vários departamentos. O abastecimento de água é assegurado pelas Empresas Públicas de Água e Saneamento (EPAS), principalmente nos centros urbanos (Vogel, 2011; Freire, 2012, p. 18). Outro aspeto de extrema importância é a existência de chefes tradicionais, geralmente conhecidos por “sobas” (República de Angola, 2011; Freire, 2012, p. 18). Estes dirigem, em grande parte, as aldeias e, no caso de haver necessidade de uma intervenção por parte do Estado ou de uma Organização Não Governamental (ONG), é com eles que, em regra, se deve falar e comunicar as propostas de mudanças e inovações, nomeadamente processos de planificação de infraestruturas, criação de grupos de água e saneamento ou desenvolvimento de estratégias que permitam uma gestão mais sustentável da água. Este tipo de contato e procedimento pode levar a uma maior compreensão e aceitação por parte dos habitantes locais (Freire, 2017, p. 18).



Figura 1 - Organograma institucional no setor das águas em Angola (adaptada de República de Angola, 2011)

Fonte: Plano de ação do Setor de Energia e Águas 2013-2017

3.3. Entidades gestoras e enquadramento institucional

O setor público de abastecimento de água inclui (Vieira, 2014):

- Abastecimento Urbano;
- Abastecimento Periurbano;
- Abastecimento Rural.

Os usos, consumos e necessidades de água urbana englobam a população, comércio, serviços e indústria ligada à rede pública.

A captação de água para fins de abastecimento urbano é realizada por um conjunto diversificado de entidades. Todavia, um número bastante elevado de utilizadores individuais recorre ainda e quase exclusivamente a captações/pontos de água próprias.

Os Sistemas de Abastecimento de Água funcionam, em geral, em Angola de forma precária com tarifas baixas e dependência do Orçamento Geral do Estado (OGE), criando grandes dificuldades na operação e manutenção dos sistemas (Vieira *et al.*, 2014, p. 85).

O setor da água em Angola, encontra-se regulamentado por diferentes entidades, cabendo assim a várias instituições a tutela de cada um dos domínios ambientais. A tutela do setor da água em Angola está a cargo do Ministério da Energia e das Águas (MINEA), que tem por objetivo fundamental propor a formulação, condução, execução e controlo da política do Executivo nos domínios da energia, águas e saneamento (Vieira *et al.*, 2014, p. 85).

Há, no entanto, outros ministérios com competência de organismo tutelar no setor da água angolano, como é o caso do Ministério do Ambiente (MINAMB), ao nível dos usos ambientais da água (biodiversidade e caudal ecológico) e da qualidade da água, e do Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural (MINADERP), ao nível do uso da água para irrigação (Vieira, Ferraz & Roque, 2014, p. 85).

Estes organismos tutelares regem o setor da água em Angola com recurso a departamentos internos, ou Direções, encarregues especificamente do setor da água. Neste âmbito, os principais intervenientes no setor da água angolano cujas interligações se representam na Figura 2, são os seguintes:

- Direção Nacional de Águas (DNA) – subordinada ao MINEA;
- Direção Nacional de Eletrificação Rural e Local (DNE) – subordinada ao MINEA;
- Instituto Nacional de Recursos Hídricos (INARH) – subordinado ao MINEA;

- Direção Nacional de Hidráulica e de Engenharia Rural (DNHAER) – subordinada ao MINADERP;
- Direção Nacional de Ambiente (DNA) – subordinada ao MINAMB;
- Direção Nacional da Biodiversidade (DNB) – subordinada ao MINAMB;
- Governos Provinciais;
- Empresas Públicas;
- Águas de Angola.

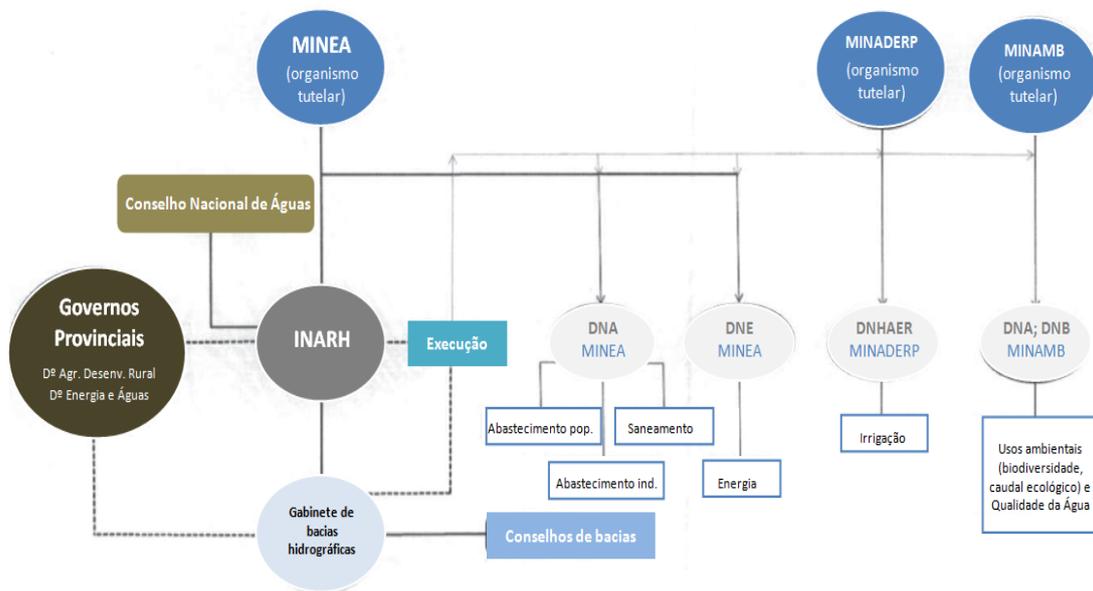


Figura 2 - Interligações entre as diferentes entidades intervenientes no setor da água angolano

Fonte: Plano de ação do Setor de Energia e Águas 2013-2017

As principais agências e entidades a operar no setor da água em Angola são as seguintes (Vieira, Ferraz & Roque, 2014, p. 97):

- Direção Nacional de Águas (DNA) – serviço executivo central do Ministério da Energia e Águas que tem por objetivo o estudo, conceção, execução e acompanhamento das políticas de abastecimento de água e saneamento. Nas regiões em que não existem empresas públicas dedicadas ao setor, pode gerir os sistemas de abastecimento de água e saneamento;

- Direção Nacional de Eletrificação Rural e Local (DNE) – serviço executivo central do Ministério da Energia e Águas a quem compete coordenar e dinamizar o processo de eletrificação do país, nomeadamente no âmbito da energia hidroelétrica;
- Direção Nacional de Hidráulica Agrícola e Engenharia Rural (DNHAER) – órgão de conceção que se ocupa da elaboração e divulgação de medidas legislativas e normativas, visando a promoção, execução e coordenação de ações tendentes ao aproveitamento hidroagrícola e infraestruturas no meio rural;
- Direção Nacional do Ambiente (DNA) – serviço responsável pela execução do plano nacional de gestão ambiental;
- Direção Nacional da Biodiversidade (DNB) – serviço responsável pela conceção e implementação das políticas e estratégias da conservação da natureza e do uso sustentável dos recursos naturais;
- Instituto Nacional de Recursos Hídricos (INARH) – tem como principais funções o planeamento e gestão dos recursos hídricos, bem como a sua inventariação e monitorização. Cabe-lhe a elaboração do Plano Nacional de Recursos Hídricos;
- Conselho Nacional de Águas – órgão consultivo para o setor da água. Ainda não criado e será um órgão agregador de uma estrutura descentralizada de conselhos de bacias hidrográficas;
- Gabinetes de Bacia Hidrográfica – asseguram a gestão integrada dos recursos hídricos da bacia hidrográfica e promovem trabalhos, estudos e projetos para o uso racional e integrado dos recursos hídricos da bacia hidrográfica. Elaboram os Planos Gerais de Desenvolvimento e Utilização de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas;
- Conselhos de Bacia Hidrográfica – representam os órgãos da administração direta e indireta do Estado, ligados direta ou indiretamente à gestão e utilização dos recursos hídricos, organizações profissionais e económicas, comunidades locais e diferentes tipos de utilizadores. As suas competências, composição, organização e funcionamento ainda se encontram por regulamentar;
- Direções Provinciais de Energia e Águas – serviço desconcentrado do Governo Provincial incumbido de assegurar a execução das atribuições e competências específicas do Governo Provincial nesta especialidade;

- Direções Provinciais de Agricultura e Desenvolvimento Rural – serviço desconcentrado do Governo Provincial incumbido de assegurar a execução das atribuições e competências específicas do Governo Provincial nesta especialidade

Ao nível das empresas públicas, estão criadas atualmente 17 empresas públicas de água e saneamentos (EPAS) e os maiores operadores do setor são:

- Empresa Pública de Águas de Luanda (EPAL, EP);
- Empresa Provincial de Água e Saneamento do Huambo (EPASH);
- Empresa de Águas e Saneamento de Benguela (EASB);
- Empresa de Águas e Saneamento de Lobito (EASL);
- Empresa de Águas e Saneamento de Malanje (EASM);
- Empresa de Águas e Saneamento do Cunene (EASC);
- Empresa de Águas e Saneamento do Bié (EASBIÉ);
- Empresa de Água e Saneamento do Uíje (EASU);
- Empresa de Águas e Saneamento do Kwanza-Norte (EASKN);
- Empresa de Águas e Saneamento do Namibe (EPASN);
- Empresa de Águas e Saneamento da Huíla (EPASH);

Estas empresas servem as suas áreas geográficas de intervenção. Há planos para a criação de empresas públicas adicionais, nomeadamente uma empresa para a província do Kwanza Sul, bem como para Saurimo, Dundo e Sumbe. As cidades de Namibe e Cabinda, ainda não têm entidades gestoras (Vieira, Ferraz & Roque, 2014, p. 99). A cidade de Namibe conta a esta altura com uma ETA e uma ETAR construída de raiz e na província de Cabinda está em fase de construção.

Como forma de tutelar estas empresas de água, o MINEA prevê a criação de uma entidade gestora do património e uma entidade reguladora do setor das águas. Esta ação está enquadrada no programa sustentável de desenvolvimento institucional do setor da água, cofinanciado pelo Executivo Angolano e pelo Banco Mundial, que deverá definir o modelo empresarial e de gestão (Vieira, Ferraz & Roque, 2014, p. 99).

Na capital angolana, a gestão dos serviços é efetuada pela EPAL (Empresa Pública de Águas de Luanda).

Para além destes intervenientes, destaque também para os Gabinetes de Bacia Hidrográfica, que asseguram a gestão integrada dos recursos hídricos da bacia hidrográfica e promovem trabalhos, estudos e projetos para o uso racional e integrado dos recursos hídricos da bacia hidrográfica.

3.4. Estratégia governamental

O Governo angolano dá grande relevo ao setor da água para o desenvolvimento do país, tendo em curso um forte programa de investimentos. A importância do setor da água é relevada pela presença de orientações para o setor no próprio Programa do Governo para o período 2012-2017.

Para o efeito, as medidas de política adotadas são as seguintes:

- Aprovar o Plano Nacional de Águas;
- Atualizar os planos diretores de abastecimento de água e saneamento de águas residuais das Cidades capitais de Província e das Sedes Municipais;
- Prosseguir a construção de pequenos sistemas e pontos de abastecimento de água e saneamento comunitário, nas áreas suburbanas e rurais;
- Implementar um Programa Nacional de Monitorização da Qualidade da Água para Consumo Humano;
- Assegurar uma eficiente gestão na exploração dos sistemas através da criação de entidades vocacionadas para o efeito e mediante o desenvolvimento institucional do setor;
- Adotar mecanismos de regulação económica para garantir a sustentabilidade do serviço público de abastecimento de água, mediante a introdução de um sistema de tarifas adequadas que simultaneamente permita a cobertura dos custos de exploração e proteja os extratos populacionais mais vulneráveis;
- Garantir a gestão integrada dos recursos hídricos prosseguindo a criação de entidades de gestão das bacias prioritárias e a elaboração de planos diretores gerais de bacia hidrográfica;
- Dotar o território nacional de uma rede hidrométrica, visando a inventariação e a permanente monitorização dos recursos hídricos;
- Implementar um Plano Nacional de Desenvolvimento dos Recursos Humanos para o setor da água.

O Governo compromete-se a atingir as seguintes metas neste domínio:

- Assegurar níveis de cobertura até 100% nas zonas urbanas e até 80% nas zonas rurais;
- Assegurar a monitorização efetiva da qualidade da água para consumo humano, com elevado padrão, com níveis de atendimento de 70% nas zonas urbanas e 40% nas zonas rurais;
- Efetuar a reforma institucional do setor, assegurando a criação da entidade gestora de sistema de abastecimento de água para cada uma das Províncias e das entidades de gestão para as bacias hidrográficas prioritárias.

Em 2013, o Executivo angolano introduziu mais uma importante peça legislativa para o setor da água, sob a forma do Programa Nacional Estratégico para a Água 2013-2017 (PNEA).

O PNEA tem um carácter objetivo, operacional e executivo e apresenta como finalidade a preparação de um quadro de investimentos plurisectoriais emergencial ou de curto prazo, suficientemente integrado e articulado, gerindo de uma forma equilibrada e sustentada os interesses particulares de cada setor em prol do interesse geral de desenvolvimento e crescimento económico imediato e de longo prazo de Angola.

O PNEA, para além de incluir a caracterização biofísica, económica e social, ambiental, legal e institucional do Setor da Água em Angola, está especialmente focalizado na:

- identificação e quantificação das utilizações da Água (abastecimento urbano, industrial, irrigação, energia hidroelétrica, usos ambientais, etc.);
- caracterização dos recursos hídricos (superficiais e subterrâneos), em quantidade e qualidade, a nível nacional e por região/bacia hidrográfica;
- realização do balanço hídrico das disponibilidades e utilizações da água;
- identificação e caracterização, espacial e temporalmente, dos principais problemas, como são as cheias, secas, erosão, etc., bem como dos conflitos atuais e potenciais de utilização da água;
- identificação de medidas e ações;
- definição de um programa físico e financeiro de curto prazo.

De forma paralela, o Executivo angolano lançou, também em 2013, o Plano de Ação do Setor de Energia e Águas 2013-2017. No Plano, apontando para o desenvolvimento do setor da água, foram identificados os projetos prioritários e estruturantes, tendo sido feita a respetiva avaliação orçamental e programação.

O Plano conclui que o investimento no setor da água será destinado a componente de recursos hídricos, e a ações de ampliação dos sistemas de abastecimento de água e saneamento das capitais provinciais, ao abastecimento às sedes municipais, bem como às áreas rurais, através do Programa Água para Todos (PAT).

Para a cidade de Luanda está prevista a construção de dois grandes sistemas de abastecimento de água, designadamente, o sistema 4-ETA do Bita e o de Quilonga Grande.

No sentido do que tem sido dito, o Plano de Ação do Setor de Energia e Águas 2013-2017 afirma que “as empresas públicas do setor da água necessitam de uma profunda reestruturação, a fim de serem viabilizadas a sua atividade e ver reduzida a dependência do Orçamento Geral de Estado no que toca à subsidiação”. Nesse sentido, defende-se que “as parcerias público-privadas aportam capital privado que deve complementar o investimento público, sendo necessário atualizar os marcos legais e regulatórios que promovam esse acesso”.

Foram estabelecidos, para o quinquénio 2013-2017, objetivos específicos, constantes do Programa do Governo e que sintetizamos:

- A ampliação dos níveis de cobertura ou acesso, até 100% nas zonas urbanas e 80% nas áreas rurais;
- Monitorização da qualidade da água, assegurando a sua adequação para o consumo humano;
- Garantir a construção de pequenos sistemas de abastecimento de água e saneamento comunitário nas áreas suburbanas e rurais;
- Assegurar a gestão integrada de recursos hídricos, visando a proteção dos ecossistemas e da biodiversidade.

3.5. Regulação

Como forma de tutelar as empresas de água, o programa nacional estratégico para a água

2013-2017, o Decreto Presidencial n.º 59/16 de 16 de março, através do Programa Nacional Estratégico para a Água 2013-2017, aprovado pelo Decreto Presidencial n.º 9/13, de 31 de janeiro, aprovou a criação da entidade reguladora para o Setor das Águas, denominada Instituto Regulador dos Serviços de Eletricidade e do Abastecimento de Águas e Saneamento de Águas Residuais, abreviadamente designada por “IRSEA”.

Segundo, o artigo 2.º do Estatuto Orgânico do IRSEA, tem como objeto a regulação das seguintes atividades:

- a) Atividades de produção, transporte, distribuição, comercialização e utilização de energia elétrica no Sistema Elétrico Público (SEP) e a regulação do relacionamento comercial entre esse sistema e os agentes que não lhe estejam vinculados;
- b) Atividade de captação, transporte, tratamento, distribuição de água e coleta, tratamento e descarga de águas residuais dos sistemas públicos de abastecimento de águas e de saneamento de águas residuais.

Ainda, no artigo 6.º, alínea 1 o IRSEA tem as seguintes atribuições:

- a) Regular as atividades de produção, transporte, distribuição e comercialização de energia elétrica no SEP;
- b) Atividade de captação, transporte, tratamento, distribuição de água e coleta, tratamento e descarga de águas residuais dos sistemas públicos de abastecimento de águas e de saneamento de águas residuais.
- c) Regular o relacionamento comercial entre esse sistema e os agentes que não lhe estejam vinculados;
- d) Exercer funções ligadas à arbitragem nacional e à composição de interesses dos diferentes intervenientes nas atividades do Subsetor Elétrico e do Subsetor de Águas e Saneamento;
- e) Proteger os interesses dos consumidores em relação a preços, serviços e qualidade do fornecimento de eletricidade e do abastecimento de água, estabelecendo os procedimentos e metodologias adequadas;
- f) Fomentar a concorrência onde exista potencial para a melhoria da eficiência no desempenho das atividades do Subsetor Elétrico e do Subsetor de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais;
- g) Garantir a todos os agentes, operadores e investidores do Setor da Energia e Águas, a existência de condições que lhes permitam, no âmbito de uma gestão

adequada e eficiente, obter o equilíbrio económico-financeiro necessário ao cumprimento das obrigações previstas nos respetivos contratos de concessão e ou de licença;

- h) Prevenir condutas anticompetitivas, monopolistas, discriminatórias ou de exercício de abuso de posição dominante, entre os participantes nas diversas atividades do Subsetor da Energia e do Subsetor de Águas;
- i) Assegurar regras de regulação objetivas que conduzam à transparência nas relações comerciais entre os operadores;

Na alínea 3 do artigo 6.º, cabe em especial ao IRSEA no âmbito dos serviços de abastecimento de água e saneamento de águas residuais, o seguinte:

- a) Emitir pareceres à tutela sobre a emissão, renovação de contratos sujeitos à regulação setorial, incluindo, entre outros, licença e concessões;
- b) Recomendar e monitorizar indicadores de desempenho económico-financeiro das empresas de abastecimento e saneamento;
- c) Fiscalizar os níveis de qualidade de serviço e aplicação de penalidades por incumprimento no quadro da lei;
- d) Monitorizar os dados relativos à qualidade da água potável abastecida e de descargas de águas residuais;
- e) Promover e coordenar o estabelecimento de normas e regulamentos relativos à qualidade da água, padrões de tratamento e rejeição de águas, no âmbito dos sistemas de abastecimento de água e saneamento de águas residuais;
- f) Promover a elaboração e estabelecimento de normas e regulamentos relativos à utilização dos recursos hídricos, bem com, à sua divulgação e aplicação;
- g) Promover e coordenar a elaboração e estabelecimento de normas, regulamentos e especificações técnicas relativos à conceção, construção, operação e monitorização de sistemas de abastecimento de água e saneamento de águas residuais.

3.6. Concessão do uso da água

A lei começa por estabelecer que as águas são propriedade do Estado, constituindo parte do domínio público hídrico, sendo esse direito inalienável e imprescritível. Não obstante, o diploma prevê a promoção de formas adequadas de participação dos setores público e privado na gestão e desenvolvimento dos recursos hídricos.

As águas, quanto ao uso, classificam-se em águas de uso comum e águas de uso privativo, sendo o uso comum aquele que se realiza sob condição natural, sem formalidades contratuais ou administrativas (visa satisfazer necessidades domésticas, pessoais e familiares do utilizador, incluindo o abeberamento de gado e rega de culturas de subsistência, sem fins estritamente comerciais) e o uso privativo aquele que requer uma licença ou concessão. O uso comum tem prioridade sobre o uso privativo.

As águas de domínio público, mediante concessão ou licença, podem ser usadas para o abastecimento de água potável para consumo humano, para irrigação pecuária, para a produção de energia, para o tratamento de fibras vegetais, como matéria-prima para a indústria e para diversos outros fins permitidos por lei.

No diploma da licença ou da concessão do uso do recurso hídrico, consta a localização das obras hidráulicas a construir, o volume de água concedido e os fins e atividade a que se destina.

Nos termos da regulamentação, os projetos de base que integram o processo de solicitação de licença ou concessão são obrigatoriamente submetidos à prévia auscultação pública em especial das associações de utentes, autoridades locais, organizações sociais e outras entidades diretamente interessadas no uso dos recursos hídricos da área geográfica onde a atividade deva ser desenvolvida.

A atribuição de licenças é da competência da instituição responsável pela gestão dos recursos hídricos da bacia ou das autoridades locais. A licença extingue-se por caducidade, revogação ou desistência do titular da licença.

No caso das concessões, estas são outorgadas, temporariamente, por um período de até 50 anos, passível de renovação. Extinta a concessão, reverterem para o Estado todas as instalações e valores que a integram. A reversão dos bens a favor do Estado pode determinar, salvo em caso de rescisão, o pagamento de uma indemnização à concessionária, cujos critérios de cálculo são fixados no contrato de concessão e

legislação aplicável. A aprovação e atribuição das concessões é da competência do Governo.

São direitos das concessionárias:

- Explorar a concessão nos termos do respetivo contrato;
- Constituir servidões e requerer a expropriação de bens imóveis ou direitos a eles adstritos, necessários à realização dos fins previstos no contrato de concessão, bem como utilizar bens do domínio público ou privativo do Estado, nos termos a serem acordados no respetivo contrato de concessão;
- Todos os que lhe forem conferidos por lei, relativos às condições de exploração da concessão.

São deveres da concessionária:

- Cumprir as normas legais e regulamentos em vigor;
- Cumprir as obrigações emergentes do contrato de concessão;
- Permitir e facilitar a fiscalização do Estado;
- Pagar as indemnizações devidas pela constituição de servidões e expropriação de direitos;
- Não ceder, alienar ou onerar partes da concessão, sem autorização da entidade concedente;
- Assumir as responsabilidades pelos danos decorrentes do não cumprimento ou cumprimento defeituoso das suas obrigações;
- Garantir, de maneira permanente, a qualidade de água, efetuando análises periódicas por laboratórios especializados.

3.7. Principais projetos em curso

O Governo angolano tem em marcha um ambicioso plano de investimentos no subsector do abastecimento de água para o país, ao abrigo do Plano de Ação do Setor de Energia e Águas 2013-2017. Dentre os quais destacam-se:

A) Plano Nacional de Desenvolvimento 2013-2017

O grande objetivo traçado pelo Plano Nacional de Desenvolvimento 2013-2017 para o setor da água é o de promover, em bases sustentáveis, o abastecimento de água potável à

população e de água para uso no setor produtivo, bem como serviços adequados de saneamento de águas residuais. Para tal, o Plano estabelece as seguintes prioridades:

- Melhorar a qualidade do serviço de abastecimento de água tanto nas zonas urbanas como áreas suburbanas e nas zonas rurais;
- Prosseguir a construção de pequenos sistemas e pontos de abastecimento de água e saneamento comunitário, nas áreas suburbanas e rurais;
- Assegurar uma eficiente gestão na exploração dos sistemas dando continuidade à criação de entidades vocacionadas para o efeito e mediante o desenvolvimento institucional do setor;
- Aplicar um sistema de tarifas adequadas que permita a cobertura dos custos de exploração e proteja os extratos populacionais mais vulneráveis garantindo a sustentabilidade do serviço público;
- Assegurar a gestão integrada dos recursos hídricos, prosseguindo com a criação de entidades de gestão das bacias prioritárias e a elaboração dos respetivos planos diretores.

Para acompanhamento destes objetivos, foram definidos os seguintes indicadores apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Indicadores de objetivos para o setor da água definidos no Plano Nacional de Desenvolvimento 2013-2017

Indicador	Ano base	Metas				
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Produção de água potável nas sedes provinciais (m ³ /dia)	980.353	1.176.424	1.294.066	1.488.176	1.636.994	1.767.953
N.º pontos água existentes	6.467	6.667	6.867	7.117	7.337	7.637
N.º chafarizes construídos	3.910	4.880	5.900	7.820	8.620	9.320
N.º pequenos sistemas água	360	485	610	742	853	981
N.º furos água abertos	5.807	5.984	6.161	6.383	6.578	6.844
N.º fontenários construídos	3.910	4.880	5.900	7.820	8.620	9.320
N.º poços melhorados	660	683	706	734	759	793
Taxa cobertura da população servida com água (%)	56	59	62	65	75	85

Fonte: Plano Nacional de Desenvolvimento 2013-2017

Em Luanda, podemos destacar dois tipos de projetos, a saber:

- Projetos Prioritários para a melhoria do abastecimento de água;
- Projetos Estruturantes para a ampliação do abastecimento de água.

Os projetos prioritários no setor da água em Luanda visam a melhoria a curto prazo do fornecimento de água à cidade de Luanda, através do aumento da produção de água em mais de 150.000 m³/dia e a consequente melhoria dos níveis de cobertura.

Destacam-se os seguintes projetos:

- Reabilitação dos sistemas II (Kifangondo) e da ETA Kikuxi;
- Plano de Estabilização do Abastecimento de Água a Luanda.

O Plano teve o seu início em 2012 e compreende a estabilidade no fornecimento de energia elétrica aos centros produtores, a aquisição dos grupos de bombagem e respetivos quadros de comando, o aumento da capacidade de produção da ETA S3, a reabilitação das ETA de Kifangondo e Kikuxi, a tubagem de interligação entre os centros de distribuição (CD's) Camama e Benfica II, a aquisição de 300.000 contadores para a rede existente, entre as prioridades.

Já os projetos estruturantes deverão permitir, a médio prazo, aumentar o caudal de oferta em 12 m³/s, reforçando assim o abastecimento de água à cidade de Luanda e viabilizar o abastecimento de água às novas centralidades, com realce para as urbanizações do Zango, Sequele e km 44, bem como do Novo Aeroporto de Luanda (Bom Jesus).

Os projetos estruturantes para a ampliação do abastecimento de água em Luanda, são:

A) Construção da ETA do BITA

Terá a sua captação no rio Kwanza, através de uma conduta DN 1.600 mm e com 6,0 km de extensão até à ETA-BITA. A produção diária inicial da ETA Bita será de 3,0 m³/s e incluirá todos os processos de tratamento convencional de água.

A construção desta Estação de Tratamento de Água decorrerá em duas fases para atingir uma capacidade de 6 m³/s. A ETA-BITA, deverá alimentar de água a parte Sul de Luanda, através de 5 Centros de Distribuição, nomeadamente do Camama, Benfica I e II, do Cabolombo e do Rocha Pinto. Com duas condutas adutoras DN 1.200 mm, com 18 km até ao Camama e outra de 21 km até a região da Camama.

B) Construção da ETA do Quilonga Grande

Terá a sua captação no rio Kwanza, com uma produção diária inicial da ETA, estimada de 3 m³/s e incluirá todos os processos de tratamento convencional de água. Esta Estação será ampliada numa 2ª fase para atingir a capacidade de 6 m³/s. A ETA do Quilonga

Grande deverá abastecer de água a parte leste de Luanda, através dos Centros de Distribuição: CD-km 44, CD-Nova Cidade 1 (Zango), CD-Nova Cidade 2 (Zango), CD Cacuo 2 (Sequele), CD Viana (novo), CD Morar, CD Novo Aeroporto e CD Bom Jesus.

Os projetos nas restantes províncias do território angolano visam sobretudo o aumento da oferta *per capita* de água para consumo humano, a ampliação das redes de distribuição de água com a associada densificação das ligações domiciliárias e dos pontos de abastecimento de água em meios periurbanos, de acordo com o preconizado nos respetivos Planos Diretores de Abastecimento de Água e Saneamento e visam também dotar os grandes centros urbanos de Entidades Gestoras do Sistema de Abastecimento de Água com a adequada sustentabilidade económica e operacional.

O principal projeto neste âmbito prende-se como o reforço dos sistemas de abastecimento de água de 17 cidades capitais de província, tais como:

A) Construção de Novos Sistemas de Abastecimento de Água em 130 Sedes Municipais

Prevê-se que em 2017 todas as Sedes Municipais disponham de novos sistemas de abastecimento de água. Para o efeito, deverá ser disponibilizado um montante equivalente a 234.358 milhões de Kz¹, destinado na maioria dos casos à construção de raiz de novos sistemas de abastecimento de água, comportando os tradicionais segmentos dos sistemas, designadamente captação, tratamento e distribuição de água por via de ligações domiciliárias e chafarizes. Estes projetos contribuirão decisivamente para o incremento dos níveis de cobertura dos sistemas de abastecimento de água a nível nacional.

B) Projeto para a Melhoria do Abastecimento de Água nos Meios Rurais – Programa Água para Todos

Para que se atinja a meta preconizada, designadamente um grau de cobertura da ordem dos 80%, deverão ser construídos no mínimo 400 Pontos de Água e 250 Pequenos Sistemas de Água. Para o efeito, deverá ser disponibilizado um montante equivalente a 92.918 milhões de Kz.

¹ 1 Kz = 0,006 USD. Disponível em:

<http://www.xe.com/pt/currencyconverter/convert/?Amount=1&From=USD&To=AOA> . Acesso 01/08/017 às 16h41 minutos.

C) Plano de Monitorização de Qualidade da Água para Consumo Humano

Entre 2013 e 2017, deverá ocorrer um incremento progressivo e significativo da Monitorização Sistemática da Qualidade da Água para Consumo Humano, pretendendo-se agilizar a implementação do Plano de Monitorização da Qualidade da Água com a contratação de assistência técnica específica, de modo a que o nível de controlo seja de 70% nas zonas urbanas e 45% nas zonas rurais, no final de 2017.

Para o efeito, deverá ocorrer a construção e apetrechamento de laboratórios para o controlo de qualidade da água, prevendo-se a construção de, no mínimo, 2 novos laboratórios provinciais por cada ano, de modo a que no final de 2017, 16 províncias estejam dotadas dos respetivos laboratórios provinciais para monitorização da qualidade da água para consumo humano. Assim, estima-se a necessidade de mobilizar um montante equivalente a 4,7 milhões de Kz.

O Quadro 2 apresenta os montantes alocados a cada um dos projetos referidos.

Quadro 2 - Montantes de investimento em projetos de abastecimento de água em Angola (2013-2017)

Domínio de Intervenção	Montante (10 ⁶ Kz)
Projetos Estruturantes para Luanda	200.934
Projetos para o Reforço dos Sistemas de Abastecimento de Água das Cidades Capitais de Província	75.431
Projetos para a Construção de Novos Sistemas de Abastecimento de Água das Diferentes Sedes Municipais	234.448
Projeto para a Melhoria do Abastecimento de Água nos Meios Rurais – Programa Água para Todos	93.247
Plano de Monitorização de Qualidade da Água para Consumo Humano	4.661.549

Fonte: Plano de ação do Setor de Energia e Águas 2013-2017

A Figura 3 apresenta o estado atual de execução dos projetos de águas em Angola.

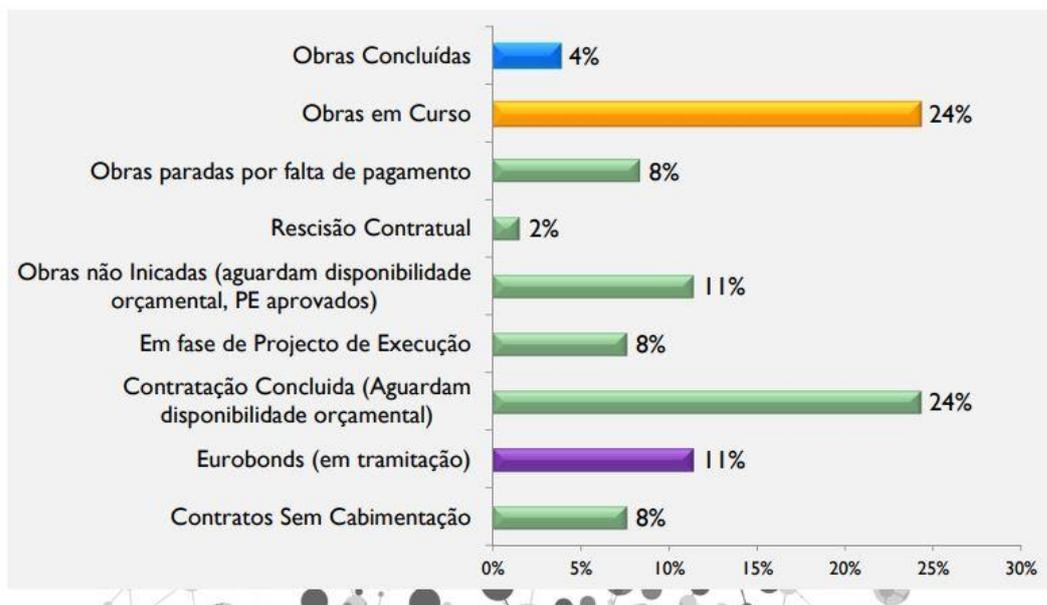


Figura 3 - Estado atual dos principais projetos de água em Angola

Fonte: Costa (2017)

4. Material e métodos

4.1. Caracterização da província e município do Lubango, Huíla

A província da Huíla está situada no sudoeste de Angola (Fig. 5), tendo, grosso modo, uma forma retangular, limitada pelos paralelos 13° 15' e 16° 30' Sul e pelos meridianos 13° 30' e 16° Leste. Compreende de uma área de 78.879 km². A Figura 4 representa uma visão aérea da cidade do Lubango.

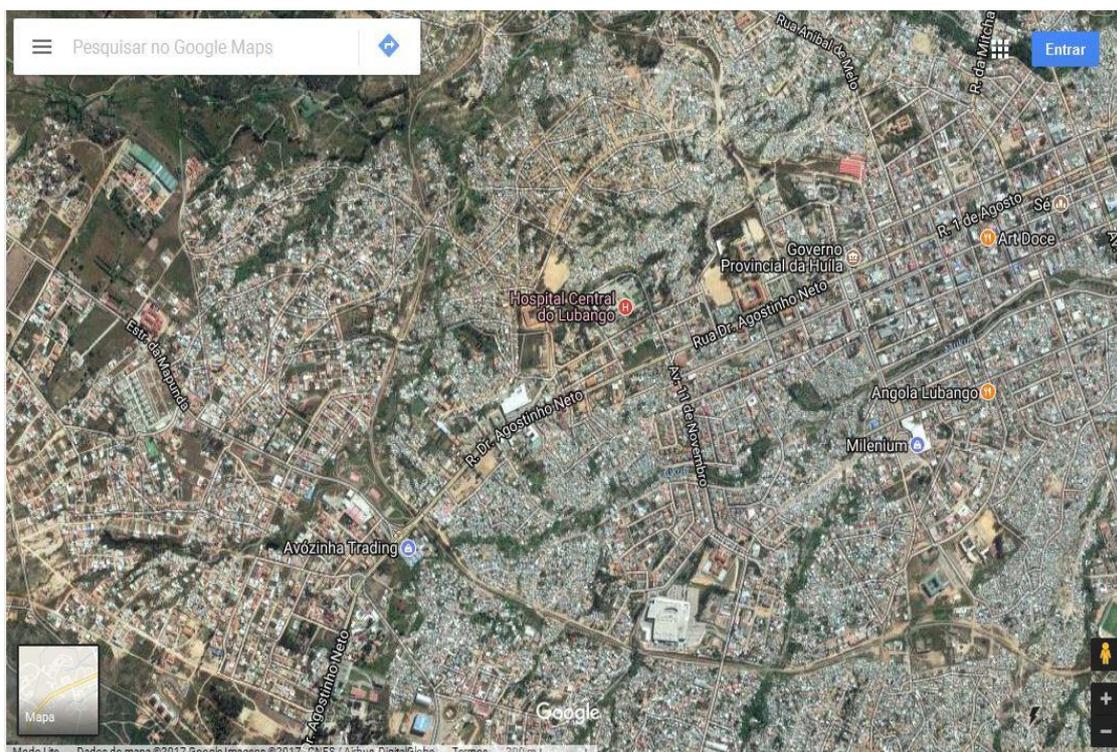


Figura 4 - Mapa da Cidade do Lubango



Figura 5 - Localização do provincial da Huíla

Confina a Oeste com a província do Namibe, a Norte com as de Benguela e do Huambo, a Leste com as do Bié e do Cuando-Cubango, e a Sul com a província do Cunene. Atualmente a sua divisão administrativa é composta por 14 municípios.

A província da Huíla tem como capital o Lubango, ex-Sá da Bandeira, uma cidade do Sul de Angola, situada no planalto angolano.

O Lubango foi também uma das primeiras cidades do interior a possuir um Liceu, não só o Liceu Nacional Diogo Cão, mas também a Escola Industrial e Comercial Artur de Paiva, bem como o Instituto Agrícola do Tchivinguiro.

4.1.1. Clima

A quase totalidade do território da Huíla encontra-se localizada na zona de climas alternadamente húmidos e secos das regiões intertropicais de ventos alisados, com

exceção do Sul e do Sudoeste da província, onde é nítida a influência da zona das calmarias tropicais. O clima é, em geral, quente ou tropical (temperatura média anual superior a 20°C), mas nas áreas situadas a maior altitude pode ser classificado como temperado (temperado - quente), como, por exemplo, se verifica nos postos da Humpata (17,2°C), Tchivinguiro (17,8°C), Lubango (18,6°C), Kuvango (19, S°C), Quipungo (19,6°C) e Caconda (20,0°C).

O mês mais frio é o de julho (excepcionalmente o de junho) e o mais quente o de outubro ou novembro, sendo a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C, com exceção dos postos do Lubango, Humpata e Tchivinguiro.

A amplitude da variação anual da temperatura do ar é inferior a 10°C. São raros os registos de temperaturas mínimas inferiores a 0°C, se bem que se possam verificar uma vez por outras temperaturas excepcionalmente baixas.

A quantidade de precipitação cresce de oeste para leste e de sul para norte, em virtude do relevo. As regiões de menor pluviosidade estão localizadas no extremo sudoeste da província (Curoca), onde a altura pluviométrica anual média é inferior a 500 mm, e as de maiores precipitações anuais no canto nordeste (norte das Ganguelas), com alturas superiores a 1200 mm. De modo geral, não se pode dizer que seja muito elevada a precipitação na Huíla, pois só em pouco menos de um terço da sua superfície a altura pluviométrica anual é, em média, superior a 1000mm.

A estação das chuvas é de curta duração no Sul (quatro meses – de dezembro a março -, sendo os meses de abril e novembro de transição) e um pouco mais longa no Norte (cinco meses - novembro a março -, com abril e outubro como meses de transição) e principalmente no Noroeste (a época húmida vai de novembro a abril, sendo maio e setembro de transição). Com exceção do Noroeste da Huíla, onde se nota um pequeno cacimbo em dezembro ou janeiro, as chuvas apresentam apenas um máximo em janeiro, fevereiro ou março.

4.1.2. Demografia

A província da Huíla é a segunda mais populosa em Angola com cerca de 2,5 milhões de habitantes a seguir a província de Luanda que é a mais populosa com cerca de 7 milhões de habitantes. A sua capital Lubango tem 753 mil habitantes.

4.1.3. Hidrografia

A Província da Huíla apresenta uma rede hidrográfica singular, dependente das características hipsométricas e de declive. Estas características, associadas a um clima contrastado, sobretudo no sentido Norte-Sul, que opõe áreas mais húmidas a áreas de forte escassez de humidade, ditam a existência de alguns cursos de água de elevada dimensão, permanentes quanto ao seu regime, mas sobretudo uma dissecação do território por uma rede de cursos de água temporários, que escoam maioritariamente no sentido aproximado Norte-Sul.

Na Figura 6, é possível verificar que são duas as grandes Bacias Hidrográficas que se constituem no território da Província. Tratam-se das Bacias Hidrográficas do rio Cunene e do rio Cubango ou rio Okavango. A Bacia Hidrográfica do rio Cunene domina grande parte do território provincial (cerca de dois terços), sendo o seu curso de água principal o rio Cunene, que apresenta vários afluentes de regime permanente, bem como inúmeros afluentes de regime temporário, mesmo no sector Norte desta bacia, onde os quantitativos de precipitação são superiores.

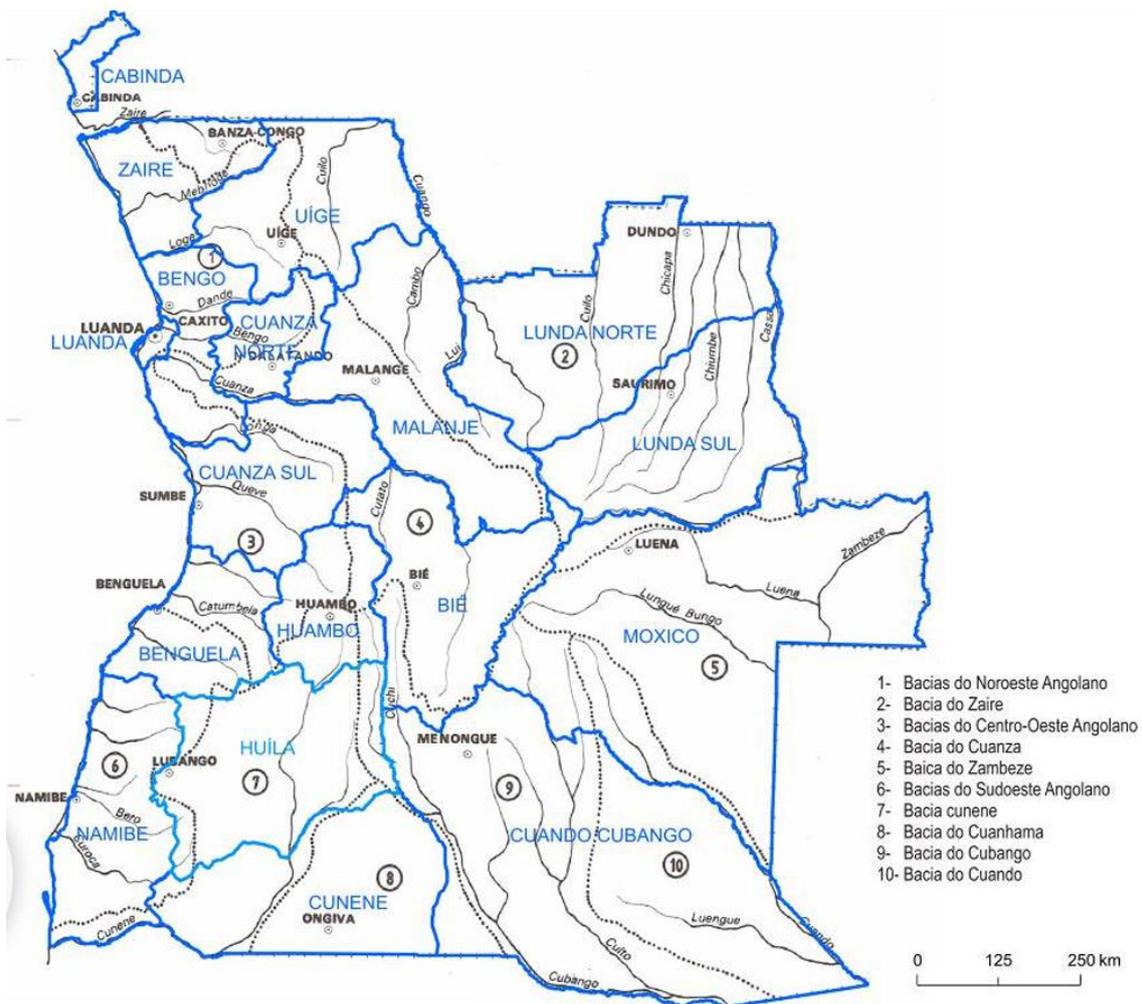


Figura 6 - Bacias hidrográficas da Província da Huíla

Fonte: Diniz (1991)

O rio Cunene nasce próximo da cidade do Huambo e entalha a Província da Huíla no sentido geral Norte-Sul, criando uma separação sensivelmente a meio da extensa área territorial da Província, que se prolonga na Província do Cunene (a Sul desta). Na fronteira Sul da Província do Cunene, o rio inverte o seu curso para Oeste, onde, a partir das conhecidas cataratas do Ruacaná, constitui fronteira natural entre essa Província e a Namíbia. A Bacia Hidrográfica do rio Cubango ou Okavango, tal como se pode ver na Figura 6, domina a área Este da Província da Huíla. Este curso de água, que dá o nome à bacia, nasce próximo de Tchicala - Tchibango e entalha o território, no sentido geral Norte-Sul, até às imediações da cidade de Kuvango, momento em que inflete para Sudeste, em direção à Província de Cuando-Cubango. Trata-se de um curso de água de

regime permanente, mas que, tal como o rio Cunene, apresenta expressivas variações intra-anuais de caudal.

Tal como se pode constatar pela análise da Figura 5, parte da rede hidrográfica da Província da Huíla é constituída por cursos de água de regime permanente, que correspondem, em grande medida, aos cursos de água de maior extensão, e que apresentam os caudais mais elevados.

4.1.4. Rede Hidrográfica da província da Huíla

A Figura 7 apresenta as Bacias Hidrográficas da Huíla, onde a Bacia Hidrográfica do rio Cunene consagra-se como a mais importante ao nível da Província, ocupando sensivelmente 56.850 Km², o que corresponde aproximadamente a 65% do território da Huíla.

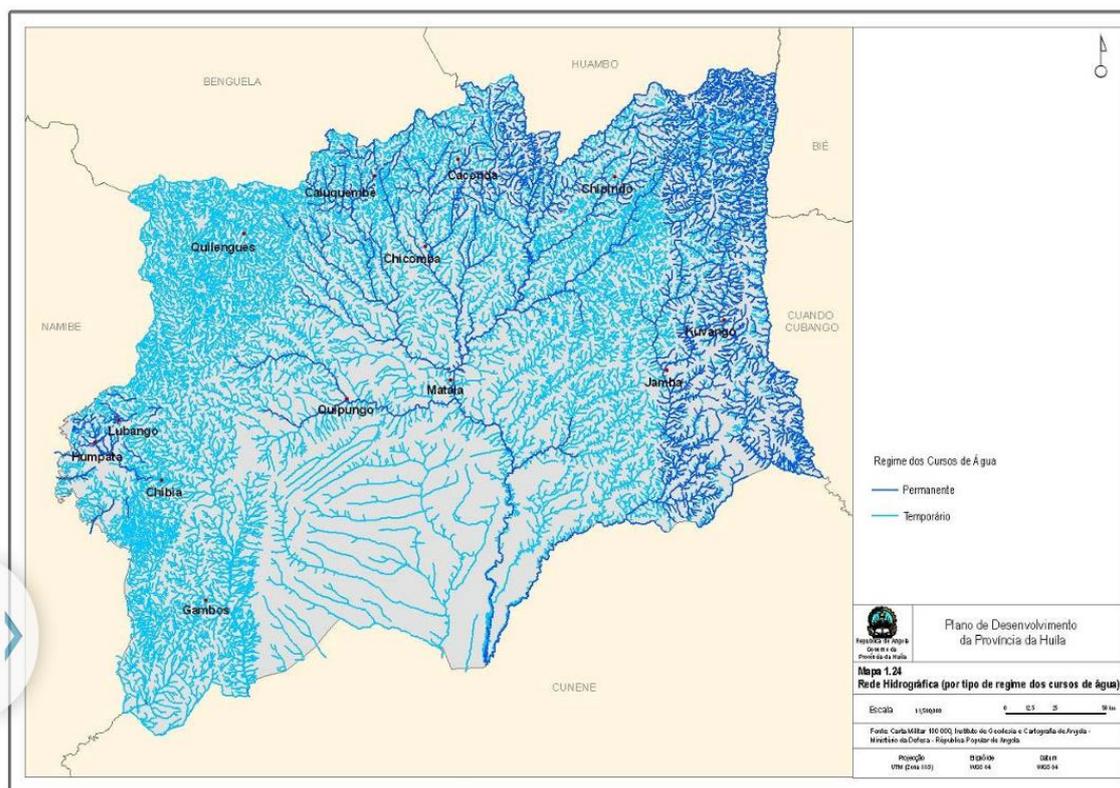


Figura 7 - Bacias hidrográficas da Província da Huíla

Fonte: Plano de Desenvolvimento da Província da Huíla, 2013-2017

O rio Cunene é um rio de regime permanente, que apresenta caudais extremamente variáveis ao longo do ano. Os caudais na época das chuvas são normalmente muito elevados, sendo que os caudais na época seca são tradicionalmente diminutos. Por outro lado, o rio Cunene, que nasce nas proximidades da cidade do Huambo (Província do Huambo) atravessa a Província da Huíla num sentido, sensivelmente, Norte-Sul, passando a fronteira com a Província do Cunene, e seguindo aí o seu curso para Sul. Como principais afluentes do rio Cunene apontam-se, na sua margem esquerda: o rio São Sebastião; o rio Cubangue; o Oci e o Chitanda e o Calonga ou Colui. Na sua margem direita constituem-se: o rio Cutenda; o Qué; o Sendi ou Calonga; o Caculuar (o qual, no seu curso inferior influencia a conhecida mulola Mucupe); o Chitado e o rio dos Elefantes.

A outra bacia hidrográfica de grande expressão na Província da Huíla trata-se da bacia do rio Cubango ou Okavango, ocupando cerca de 10% do território. Este curso de água, também de regime permanente, tal como o rio Cunene, apresenta grandes variações intra- anuais de caudal. Tendo a sua nascente próxima de Tchicala-Tchibango, entalha grande parte da área Este da Província da Huíla, seguindo a Sul o seu curso na Província de Cuando-Cubango. Como principais afluentes temos, na margem esquerda do Okavango, o rio Cutato das Ganguelas (curso de água que a Norte da confluência com o rio Okavango constitui limite Este da Província); e na margem direita os rios Bale e Tanaué.

Outras bacias hidrográficas têm expressão na Província da Huíla, e que, embora de menor dimensão, desempenham um papel relevante. No Sudoeste da província individualiza-se a bacia hidrográfica do rio Pocolo ou Curoca, cujo principal curso de água apresenta, ele próprio, um regime temporário.

Na área Noroeste da Província individualiza-se a Bacia Hidrográfica do Coporolo, que se trata de um curso de água de regime permanente, que no seu setor superior, separa a Província da Huíla da Província de Benguela.

Uma outra bacia hidrográfica que não tem expressão na Província, mas que é muito influenciada por esta, sobretudo pela hipsometria e declive que esta apresenta na sua área Sul, é a Bacia Hidrográfica do rio Cuvelai.

Esta Bacia Hidrográfica trata-se de uma bacia de drenagem endorreica, drenagem essa que se efetua em direção à depressão Etocha (Etocha Pan), situada no Sudoeste Africano (Namíbia).

De uma forma geral, o escoamento das águas, provenientes da precipitação, que atingem a Província, alcança o oceano Atlântico, ficando este fato a dever-se, em grande medida, ao escoamento do rio Cunene (que desagua neste oceano), e da sua Bacia Hidrográfica. Mas não só a este rio se deve este fato, uma vez que também os rios Pocolo e Coporolo desaguam no oceano Atlântico.

4.1.5. Transportes

O sistema de transportes da cidade do Lubango é bastante completo, apesar de apresentar algumas debilidades.

É composto por três subsistemas:

- Aéreo, com ligações provinciais a Luanda, Benguela e Huambo e internacionais (Windhoek);
- Rodoviário, de âmbito urbano e interprovincial (Santa Clara e Namibe);
- Ferroviário, de âmbito interprovincial (Matala, Menongue e Namibe).

Tendo em vista a otimização da rede de transportes, o Plano Diretor do Lubango contempla um conjunto de intervenções estratégicas:

- Transportes aéreos

Modernização da infraestrutura aeroportuária, caso o aumento de tráfego aéreo se justificar.

- Rodoviário

Reabilitação da rede de circulação interna, de modo a fomentar a política de transportes urbanos. Os táxis coletivos de passageiros deverão funcionar apenas como uma medida transitória.

- Ferroviário

Criação de uma linha de caminho-de-ferro adjacente à circular. Este eixo será o suporte de grande maioria do transporte regional de mercadorias e de passageiros, fazendo a circulação pelo limite Este da cidade. Deste modo, o atravessamento de carga e passageiros cujo destino não é o Lubango, pode ser feito sem a obrigatoriedade de

atravessar o centro da cidade, descongestionando esta área nobre e dando lugar a um transporte mais urbano com melhor grau de integração no meio urbano;

Construção de uma linha de comboio urbano, que aproveite a estrutura já existente. O traçado definido liga as duas estações ferroviárias existentes na cidade.

- Interface de Transportes (rodoviário e ferroviário)

Criação de uma interface de transportes a Sul do aeroporto. Esta infraestrutura comporta espaços de apoio à estação (zonas de cargas/descarga) e aos passageiros, bem como, espaços comerciais (restaurantes, cafés, lojas).

4.2. Sistema de abastecimento de água de Lubango

O sistema de rede de distribuição de água do Município do Lubango (captação, adução distribuição e entrega ao domicílio), data da era colonial, foi feito para sustentar uma densidade demográfica não superior a 40.000 habitantes. A rede de distribuição foi construída, em grande parte, com fibrocimento e com condutas de ferro fundido e aço. Segundo os dados da administração da estação de abastecimento de água, a rede de tubagem está deteriorada, o índice de perdas encontra-se aproximadamente entre 50 e 60 %.

As estações de abastecimento de água da cidade do Lubango foram construídas nos anos de 1946 a 1970. A água potável e de consumo é captada em 3 zonas diferentes de captações de água, dois dos quais as fontes são um manancial subterrâneo (nascente) e um é um manancial subterrâneo (furo).

A Cidade do Lubango é abastecida por três principais captações, nomeadamente estufa com a capacidade de 553 m³/h, Tundavala com uma capacidade de 300 m³/h e Nossa Sra. do Monte (Bombagem) com a capacidade de 36 m³/h.

A estação de captação da Nossa Sra. Do Monte é a mais antiga, construída em 1946, encontrada na Estufa, nascente da Nossa Senhora do Monte, situada no Sudeste, na periferia.

A captação da Nossa Senhora do Monte é caracterizada por um conjunto de grutas subterrâneas e que por sua vez abastece água potável a uma câmara coletora e daí para os

dois reservatórios paralelos da Proteica com capacidade de armazenamento de 1000 m³ cada. O sistema funciona por gravidade, sem bombeamento até à distribuição aos domicílios.

De um modo geral as redes existentes de drenagem de águas residuais apresentam sérias deficiências.

O Plano Diretor da Cidade do Lubango 2003-2020 contempla a construção de um importante conjunto de infraestruturas voltada ao abastecimento de água.

Face ao cenário que se vive no Lubango em termos de abastecimento de água, o governo provincial propõe-se no âmbito do PDL a criação de um sistema de abastecimento de água de origem única, composto pelas seguintes infraestruturas:

- Captação da Senhora do Monte: ampliação da capacidade;
- Estação de tratamento de água: construção;
- Conduções adutoras: reconstrução;
- Reservatórios: requalificação dos reservatórios da Boca da Humpata, Proteica, Mapunda e Ferrovia e construção de mais reservatórios por toda a cidade;
- Rede de abastecimento de água: reconstrução da rede de abastecimento de água da cidade e ampliação a áreas atualmente carentes;
- Ramais domiciliários: reconstrução ou requalificação dos ramais domiciliários existentes e construção de novos ramais nas habitações com condições de os receber;
- Fontanários: construção de fontanários disseminados pela cidade a distâncias adequadas ao transporte de água a pé até às habitações.

Não obstante a criação deste sistema, propõe-se outro sistema a título excepcional, utilizando água da nascente da Tundavala, para abastecer indústrias que, pela sua tradição ou processos de fabrico adotados, reclamem pela utilização de água com esta origem.

A vantagem da construção de um único sistema, é a possibilidade de garantia de qualidade da água, pois, o tratamento é feito numa única unidade, sendo possível a monitorização permanente das características da água fornecida a toda a população.

Segundo o Censo Geral da população realizada em 2014, a cidade conta atualmente com uma população de 732 mil habitantes, devido ao seu acentuado crescimento, por

indivíduos vindos de áreas afetadas pela guerra, dando origem a zonas suburbanas, na sua maior parte edificadas sobre as maiores condutas e adutoras da cidade.

Devido ao agravamento da situação, o Governo da Província representado através da Direção Provincial de Energia e Águas (DPEA), em parceria com algumas Agências Internacionais e o apoio do Ministério de Tutela, elaborou um Plano Diretor da cidade, tendo como objetivo principal a remodelação e modernização do sistema, tendo em conta o plano da expansão das novas zonas urbanísticas, turísticas e industriais.

Desde o ano de 2008 os mecanismos adotados pelo Setor consistiram na substituição de pequenos perímetros de condutas principais, bem como a instalação de pontos de água sustidos por furos subterrâneos para acudir a demanda por parte da população dos bairros periféricos, isto através do projeto “Águas do Lubango”, que é apresentado a seguir.

4.2.1. Projeto “Águas do Lubango”

O Projeto “Águas do Lubango” teve início em 2011 e contempla a reabilitação da rede de distribuição da água a partir da Central de Captação da Tundavala, construção de quatro reservatórios com capacidade de 70 mil metros cúbicos e ligações domiciliares, uma conduta de 31 km e a ligação a 1500 domicílios.

Estas obras de alteração e renovação da rede estruturante vão permitir, não só trazer água ao centro da cidade onde há intervenção, mas também nos bairros Comandante Cowboy, Nzagi e Sofrio, onde começou a reforma.

A execução da obra financiada pelo Ministério da Energia e Águas está orçada 2,009 milhões de Kz².

² 1 Kz = 0,0051 Eur. Disponível em: <http://www.xe.com/pt/currencyconverter/convert/?Amount=1&From=EUR&To=AOA>. Acesso 01/08/017 às 16h37 minutos.

O quadro 3 apresenta as prioridades de investimento na província da Huíla, para o setor da água, no período 2013-2017.

Quadro 3 - Projetos de água na província da Huíla e seus respetivos montantes

Projeto	Província	Montante (10 ⁶ Kz)
Reabilitação e expansão das redes de distribuição de água - Caluquembe	Huíla	2 103
Construção de 400 pontos de água no meio rural	Huíla	2 400
Construção de um sistema de abastecimento de água nas novas urbanizações da Palanca	Huíla	200
Total		4 703

Fonte: Adaptado ao Plano de Desenvolvimento Económico e Social da Província da Huíla 2013 – 2017

4.2.2. Qualidade da Água

Os processos de tratamento de água e do critério de verificação de conformidade da qualidade da água, são feitos através do controlo de rotina e de inspeção. Para tal, foram definidos os pontos de recolha das amostras e a frequência mínima de recolha das mesmas para as análises de controlo de qualidade da água, conforme a Tabela 4. E, para um melhor controlo foi definido o programa de controlo de qualidade da água (PCQA), conforme o Quadro 4.

Tabela 4 - Inventário das captações do Lubango

Província	Huíla	Município	Lubango
Zona de abastecimento/ Sistema	Lubango	Entidade gestora	DPEA – Huíla
Origem da água	Subterrânea	População servida	426.720 hab.
Localização	Pontos de amostragem	Ponto de colheita	Estado sanitário
Nascentes	Tundavala	Caixa coletora 1	Em bom estado
		Caixa coletora 2	Em bom estado
	Sra. Do Monte	Caixa coletora Sra. do Monte	Em bom estado
		Torneira do jardim	Em bom estado
	Bombagem	S. R. Bombagem	Em bom estado
Reservatórios	R. Mapunda	Torneira S. R. Mapunda	Precisa de substituição
	R. Proteica	S. R. Proteica	Em bom estado
		Torneira do Laboratório	Em bom estado
	R. R. Humpata	Torneira de saída	Em bom estado

Fonte: Direção Provincial de Energias e Águas 2014

4.2.3. Programa de controlo de qualidade da água

O Quadro 4 apresenta o PCQA definido pela Direção Provincial de Energia e Águas. É um plano anual que permite o controlo e monitorização da água distribuída para consumo humano. No âmbito do PCQA, a DPEA através do Laboratório de Controlo de Qualidade, procura garantir que a água chegue as torneiras dos consumidores com uma qualidade de excelência.

Quadro 4 - Programa de Controlo de Qualidade da água da Cidade do Lubango

Província	Huíla	Município	Lubango
Entidade gestora	DPEA – HUÍLA	Zona de abastecimento/sistema	Lubango
Origem da água	Subterrânea	Cronograma relativo ao ano	2014
Cronograma da amostragem por zona de abastecimento			
Localização	Ponto de amostragem	Tipo de controlo (R/I)	Dias
Nascentes	Tundavala	R/I	1,8,15 e 23 de cada mês
Nascentes	Sra. Monte	R	1,8,15 e 23 de cada mês
Nascentes	Bombagem	R	1,8,15 e 23 de cada mês
Reservatórios	R. Mapunda	R	1,8,15 e 23 de cada mês
Reservatórios	R. Proteica	R/I	1,8,15 e 23 de cada mês
Reservatórios	R. B. Humpata	R	1,8,15 e 23 de cada mês
B. Benfica	Igreja da IECA	R	1,8,15 e 23 de cada mês
B. Benfica	Veterinária	R	1, 8, 15 e 23 de cada mês
B. J. Almeida	Nosso Super	R	1, 8, 15 e 23 de cada mês
B. J. Almeida	Escola 1 de Dezembro	R	1,8,15 e 23 de cada mês
B. Ferrovia	IMEL	R/I	1,8,15 e 23 de cada mês
B. Sto. António	Escola da TPA	R	1,8,15 e 23 de cada mês
B. Sto. António	Padaria Confiança	R	1,8,15 e 23 de cada mês
Centro da cidade	Maternidade Irene Neto	R	1,8,15 e 23 de cada mês
Centro da cidade	Prédio da Videira	R/I	1,8,15 e 23 de cada mês
Centro da cidade	Prédio do Figurino	R	1,8,15 e 23 de cada mês
Centro da cidade	Rádio Huíla	R	1,8,15 e 23 de cada mês
Minhota	Pediatria	R	1,8, 15 e 23 de cada mês
Minhota	Clínica Margon	R	1,8, 15 e 23 de cada mês
B. Comercial	Comando dos Bombeiros	R/I	1,8,15 e 23 de cada mês
B. Comercial	Administração Municipal	R	1,8, 15 e 23 de cada mês

Fonte: Direção Provincial de Energia e Águas 2014

Controlo de rotina – Tem como objetivo fornecer regularmente informações sobre a qualidade organolética e microbiológica da água destinada ao consumo humano, bem como sobre a eficácia dos tratamentos existentes, especialmente a desinfeção, tendo em vista determinar a conformidade da água com os valores paramétricos estabelecidos.

Parâmetros de controlo de rotina: bactérias coliformes, *escherichia coli* (E. coli) e desinfetante residual.

Parâmetros de controlo: alumínio, amónio, cheiro, cor, condutividade, ph, ferro, manganês, nitratos, nitritos, número de colónias a 22°C, número de colónias a 37°C, oxidabilidade, sabor e turvação.

Controlo de inspeção – Permite obter as informações necessárias para verificar o cumprimento dos valores paramétricos.

4.2.4. Níveis de produção de água das principais fontes de captação

Para se determinar a frequência mínima de amostragem e de análise da água para consumo humano é necessário ter em conta o volume diário ou a população, de modo a definir o número de análises de rotina ou de inspeção a realizar por mês ou ano. A Tabela 5 apresenta os volumes de água fornecida pelas nascentes. Estes volumes permitiram o cálculo dos números de análises de controlo e de inspeção para a cidade do Lubango.

Tabela 5 - Níveis de produção de águas das nascentes do Lubango

Nascente	Caudal (m ³ /h)
Bombagem	553
Tundavala	300
Sra. do Monte	36
Total	21.336 m ³ /dia

Fonte: Laboratório Provincial de Controlo de Qualidade da Água da Huíla, 2014

Em função do caudal de água fornecida por dia (21.336 m³/dia), determinou-se o número de amostra de rotina e de inspeção, conforme apresentado abaixo:

$$4+(3*21) = 67 \text{ amostras}$$

Número de amostra de inspeção é:

$$21.336 \text{ m}^3/\text{dia} > 20.000 < 200.000$$

$$\text{N.}^\circ \text{ de amostra de inspeção (CI): } 3+(1*2) = 5$$

4.3. Local de estágio

O estágio decorreu no Laboratório Provincial de Controlo de Qualidade da Água da Huíla (Fig. 8), localizada na rua Doutor Agostinho Neto S 14°55'21.5328" E 13°28'41.3688" (Fig. 9), junto ao Colégio 1,2,3 e a igreja da IESA na cidade do Lubango, província da Huíla a Sudoeste de Angola.



Figura 8 - Localização do Laboratório de Qualidade da Água



Figura 9 - Laboratório provincial de controlo de



Figura 10 - Materiais do Laboratório de qualidade da água

O Laboratório Provincial de Controlo de Qualidade é uma instituição pertencente a Direção Provincial de Energia e Águas (DPEA) e dedica-se a análise da qualidade da água para consumo humano, através da realização de análises físico-químico e microbiológico da água e, assim, promover a saúde pública. O mesmo não se dedica apenas a análise da qualidade da água da cidade do Lubango ou província da Huíla, mas também de outras províncias vizinhas, como Namibe.

O presente laboratório, foi mandado construir pelo Executivo angolano, liderado por Sua Excelência o Engenheiro José Eduardo dos Santos, Presidente da República de Angola, no âmbito do Programa de Apoio Institucional aos Setores de Águas e Saneamento do 10º Fundo Europeu de Desenvolvimento da União Europeia.

Foi inaugurado dia 21 de março de 2014, por Sua Excelência o Senhor Governador Provincial da Huíla, Dr. João Marcelino Typingue, em saudação ao Dia Mundial da Água. Comporta dois laboratórios de microbiologia, um de físico-química, sala de receção de amostras, de refeições, armazém, dois vestiários e um gabinete para administração.

4.4. Metodologia de análise físico-químicas

Os parâmetros de desempenho para avaliar a qualidade do serviço selecionado foram determinados pela análise de doze parâmetros físicos e químicos, concretamente: pH, temperatura, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, turvação, dureza total, ferro total, sulfatos, nitratos, amónio, cloretos e manganês. Estas análises permitiram aferir a qualidade da água para consumo humano da cidade do Lubango e a qualidade de serviço realizado pelo Laboratório. Para tal, foram recolhidas amostras nas três captações

de água da cidade do Lubango e em três sistemas periféricos de abastecimento de água.

4.4.1. Procedimento de colheita das amostras

As amostras para análises físico-químicas foram recolhidas em frascos plásticos de polipropileno de 500 ml (Fig. 11). Foram recolhidas amostras de três nascentes, da Nossa Senhora do Monte S 14°56'20.7924" E 13°27'58.2012", da Tundavala S 14°50'42.9612" E 13°24'15.7572" e da Bombagem S 14°55'58.5336" E 13°30'59.0328", e também de três sistemas periféricos de abastecimento de água a população, que são: sistema do Bula Matadi S 14°54'26.8812" E 13°29'44.844", Sistema da Mitcha S 14°53'35.772" E 13°29'48.3324" e sistema de Joaquim Kapango S 14°55'58.5984" E 13°30'59.0688". As mesmas localizam-se na cidade do Lubango. Foram escolhidas por constituírem os principais pontos de abastecimento de água a população.



Figura 11 - Frascos de Polipropileno de 500 ml usado para coleta das amostras

Nascentes

Ponto de amostragem da Tundavala

Hora de recolha: 20-02-17 às 09h05 min



Figura 12 - Local de colheita das amostras da nascente da Tundavala

- A) Torneira coletora da Tundavala B) Caixa Coletora 1 C) Entrada da caixa coletora 1

Ponto de amostragem da Nossa Senhora do Monte

Hora de recolha: 20-02-17 às 9h38 min



Figura 13 - Local de recolha das amostras da nascente da Nossa Sra. do Monte

- A) Entrada da Nascente da Nossa Sra. do Monte B) Caixa coletora Sra. do Monte
C) Interior da caixa coletora

Ponto de amostragem da Bombagem

Hora de recolha: 20-02-17 às 10h03 min



Figura 14 – Nascente da Bombagem

Sistemas Periféricos ou Sistema de abastecimento público

Ponto de amostragem da Bula Matadi

Hora de recolha: 13-03-03 às 9h05 min.



Figura 15 - Sistema de captação do Bula Matadi (Ana Paula)

- A) e B) Reservatório de água do sistema de captação do Bula Matadi C) Torneira da lavandaria do Bula Matadi D) Sistema de captação do Bula Matadi

Sistema da Mitcha

Ponto de amostragem da Mitcha

Hora de recolha: 13-03-17 às 9h29 min.



Figura 16 - Sistema de captação de água da Mitcha

A) Sistema de captação de água da Mitcha B) Torneira coletora de amostras da Mitcha

Sistema de Joaquim Kapango

Ponto de amostragem Joaquim Kapango

Hora de recolha: 13-03-17 às 9h59 min.

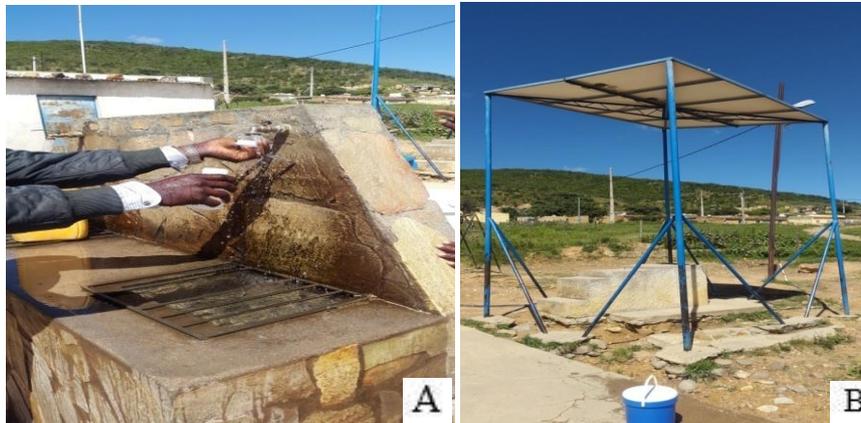


Figura 17 - Sistema de captação de água do J. Kapango

A) Torneira coletora do J. Kapango B) Sistema de captação de J. Kapango

4.4.2. Testes físicos e químicos

As metodologias adotadas em cada análise são as recomendadas pela OMS.

4.4.2.1. Temperatura

A temperatura foi determinada pelo potenciômetro modelo HQ40d multi (Fig. 18). O eletrodo foi colocado nas amostras de água, medindo diretamente o pH e a temperatura.



Figura 18 - Aparelho HQ40d multi.

4.4.2.2. pH

O pH foi medido por potenciômetro (Fig. 19). O eletrodo foi colocado nas amostras de água, medindo diretamente o pH. O equipamento foi calibrado previamente com soluções-tampão padrão de pH.



Figura 19 - Medidor de pH (HQ40d multi)

4.4.2.3. Condutividade elétrica

As medidas de condutividade elétrica (CE) foram realizadas por eletrometria, modelo do aparelho HQ40d multi. O eletrodo foi colocado nas amostras de água, medindo diretamente a condutividade específica da referida amostra. O aparelho foi calibrado previamente com solução padrão de condutividade. Os resultados são expressos em $\mu\text{S}/\text{cm}$.

4.4.2.4. Turvação

A turvação foi avaliada por meio do equipamento *ISO turbidimeter*, modelo HI 98713 (Fig. 20). Essa medida foi baseada no método nefetolométrico. Mediu-se 10 ml da amostra numa cuvete e inseriu-se no aparelho. Os resultados são expressos pela Unidade de Turbidez (NTU).



Figura 20 - ISO Turbidimeter

4.4.2.5. Dureza Total

Para a determinação da dureza foi utilizado os seguintes equipamentos, reagentes e procedimentos:

Equipamentos

- Bureta;
- Pipeta volumétrica;

- Erlenmeyer de 250 ml;
- Espátula de inox.

Reagentes

- Solução padrão de carbonato de cálcio (CaCO_3) 0,02N;
- Solução padrão de EDTA 0,02N;
- Solução tampão;
- Indicador Preto de Eriócomo T.

Procedimento:

1. Homogeneizou-se o frasco contendo a amostra;
2. Pipetou-se 100 ml de amostra e transferiu-se para um erlenmeyer de 250 ml;
3. Adicionou-se solução tampão até pH de $10 \pm 0,1$ (aproximadamente 1 ml);
4. Adicionou-se uma ponta de espátula de indicador preto de eriócomo T;
5. Encheu-se uma bureta de 50 ml com EDTA 0,02N;
6. Iniciou-se a titulação, vagorosamente;
7. Titulou-se até a viragem da cor vermelha para o azul, Figura 21.

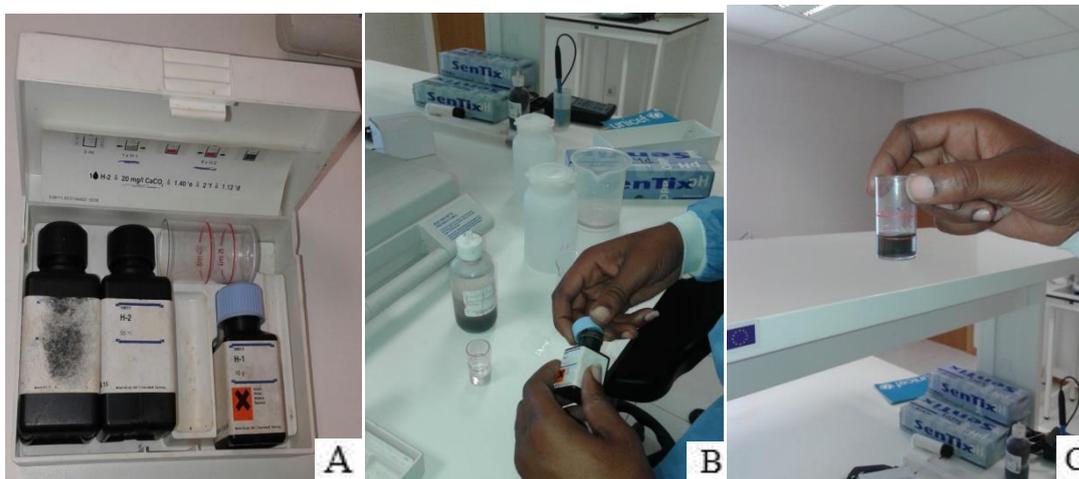


Figura 21 - Adição de indicador preto de eriócomo T

- A) Frascos com indicador preto de eriócomo T B) Adição do indicador a amostra de água C) Resultado obtido após a titulação

4.4.2.6. Ferro

Para a realização do teste de ferro total foram utilizados os seguintes materiais e procedimentos para o equipamento DR2800 (Fig. 22):



Figura 22 – Espectrofotômetro DR2800

Materiais necessários:

- Unidade de luz – 1 unidade;
- Solução reagente em pó de Ferro Ferrover (*Powder Pillow*) – 1 unidade;
- Copo de 50ml – 1 unidade;
- Reagente Ferro em ampola *Accuvac*; e
- Cuvetes de amostragem – 2 unidade.

Procedimento

1. Selecionou-se no equipamento o teste nº 365 *Iron, FerroVer*;
2. Preparou-se a amostra da seguinte forma:
 - Adicionou-se a um copo de amostragem limpo 10 ml da amostra a analisar;
 - Adicionou-se o conteúdo de uma saqueta de reagente em pó de Ferro (*Powder Pillow*) à amostra (Fig. 23). Fechou-se a tampa e fez-se a mistura;



Figura 23 - Adição de reagente pó de Ferro (*Powder Pillow*) a amostra.

- Iniciou-se a contagem do tempo no equipamento na opção de cronómetro e esperou-se o tempo de reação de 3 minutos.
3. Preparação do Branco:
- Encheu-se uma segunda cuvete de amostragem com 10 ml de amostra;
 - Limpou-se bem as cuvetes de ensaios e inseriu-se o branco no equipamento;
 - Pressionou-se a tecla zero e aguardou-se a leitura do zero (0,00 mg/L Fe);
 - Após a leitura da amostra em branco, inseriu-se a amostra que contém a solução, pressionou-se a tecla *read*, a leitura foi realizada em espectrofotómetro (modelo DR2800).

4.4.2.7. Manganês

Para a determinação do manganês, usou-se os seguintes materiais e procedimentos para o equipamento DR2800.

Materiais necessários:

- Reagente Alcalino de Cianida (*Alkaline Cyanide* reagente) – 12 gotas;
- Solução Indicadora PAN 0,1% – 12 gota;
- Água desionizada tipo I;
- Cuvetes de amostragem – 2 unidades; e
- Saqueta de Reagente em pó de ácido ascórbico – 2 unidades.

Procedimento:

1. Selecionou-se no equipamento o teste nº 290.
2. Preparação do branco:
 - Adicionou-se 10 ml de água desionizada a uma cuvete de amostragem (Fig. 24).



Figura 24 - Preparação da amostra

3. Preparação da amostra:
 - Adicionou-se 10 ml de amostra a uma cuvete de amostragem;
 - Adicionou-se uma saqueta de ácido ascórbico em pó a cada uma das cuvetes;
 - Agitou-se as amostras, para dissolver o reagente;
 - Adicionou-se 12 gotas de solução reagente alcalina de cianida, a cada uma das cuvetes;
 - Agitou-se a solução;
 - Adicionou-se 12 gotas de solução indicadora PAN 0,1%, a cada uma das cuvetes;
 - Agitou-se a solução;
 - Pressionou-se o cronómetro do equipamento para 2 minutos;
 - Limpou-se ambas as cuvetes de ensaio e inseriu-se a cuvete com o branco e pressionou-se a tecla ZERO;
 - A seguir, colocou-se a Cuvete da amostra no equipamento e pressionou-se a tecla *Read*, a leitura foi realizada em espectrofotómetro (modelo DR2800) e os resultados obtidos são expressos em mg/L.

4.4.2.8. Nitratos NO₃-N

Para análise do nitrato utilizou-se os seguintes materiais e procedimentos para o equipamento DR2800.

Materiais necessários:

- Unidade de luz – 1 unidade;
- Solução reagente e vial de teste *N Tube NitraVer* – 1 unidade;
- Funil micro – 1 unidade;
- Pipeta 0,01 a 1,0 ml mais pontas – 1 unidade; e
- *Test Tube rack* – 1 unidade

Procedimento:

1. Selecionou-se o teste nº 344 no equipamento 344 N, *Nitrate HR*, TNT.
2. Preparação do branco:
 - Removeu-se a tampa do *NitraVer* Reagente A e adicionou-se 1,00 ml da amostra, como nos mostra a Figura 25;



Figura 25 - Adição de reagente NitraVer Reagente A

- Fechou-se a tampa e inverteu-se o tubo 10 vezes para misturar;
 - Limpou-se o vial e colocou-se no equipamento na célula de 16mm; e
 - Pressionou-se a função ZERO no equipamento.
3. Preparação da Amostra:
 - Removeu-se o vial do equipamento e com a ajuda de um funil, adicionou-se o conteúdo de reagente B *NitraVer*;

- Fechou-se com a tampa o vial e inverteu-se a posição dez vezes;
- Iniciou-se a contagem no equipamento de 5:00 minutos;
- Após os 5 minutos, limpou-se o vial e inseriu-se no equipamento;
- Selecionou-se a função *Read*.

4.4.2.9. Sulfatos SO_4^{2-}

Para determinação do sulfato, usou-se os seguintes métodos e procedimentos:

Materiais necessários:

- Unidade de luz – 1 unidade; e
- Cuvetes de amostragem – 2 unidades

Procedimento:

1. Selecionou-se o teste nº 680 no equipamento (680 *Sulfate*) DR2800;
2. Preparação da amostra branco:
 - Encheu-se uma cuvette com 10 ml de amostra;
 - Adicionou-se à cuvette de amostragem o conteúdo de uma saqueta de reagente *SulfaVer*.
 - Agitou-se a cuvette vigorosamente para o conteúdo ficar bem dissolvido;
 - Iniciou-se a contagem de 05:00 minutos no equipamento.
3. Preparação do Branco:
 - Encheu-se a segunda cuvette com 10 ml de amostra;
 - Limpou-se a cuvette e inseriu-se no equipamento;
 - Pressionou-se a tecla “ZERO” no equipamento. O mostrador indicou: 0 mg/L SO_4^{2-} ;
 - Retirou-se a cuvette do equipamento e inseriu-se a cuvette de amostragem, limpando-a primeiro. Selecionou-se a função “*read*” no equipamento.

4.4.2.10. Amónio

Para determinação do amónio, usou-se os seguintes métodos e procedimentos:

Materiais necessários:

- Unidade de luz – 1 unidade; e
- Cuvetes de amostragem – 2 unidades.

Procedimento:

1. Selecionou-se o teste nº 388 no equipamento;
2. Preparação da amostra branco:
 - Encheu-se uma cubete com 10 ml de amostra;
 - Adicionou-se à cubete de amostragem o conteúdo de uma saqueta de reagente *SulfaVer*;
 - Agitou-se a cubete vigorosamente para o conteúdo ficar bem dissolvido;
 - Iniciou-se a contagem de 05:00 minutos no equipamento.
3. Preparação do Branco:
 - Encheu-se a segunda cubete com 10 ml de amostra;
 - Limpou-se a cubete e inseriu-se no equipamento;
 - Pressionou-se a tecla “ZERO” no equipamento;
 - Retirou-se a cubete do equipamento e colocou-se a cubete de amostragem, limpando-a primeiro; e
 - Selecionou-se a função “*read*” no equipamento.

4.4.2.11. Cloretos

Para obtenção do cloreto foram utilizados os seguintes procedimentos:

1. Selecionou-se no equipamento o programa nº 70 e, em seguida;
2. Mediu-se 1 ml da amostra com pipeta automática para uma cubete de 10 mm;
3. Para o reagente Cl-1, adicionou-se 2,5 ml na amostra usando pipeta automática e em seguida fez-se a agitação;
4. Para o reagente Cl-2, adicionou-se 0,50 ml na amostra sempre usando pipeta automática e em seguida agitou-se;

5. Deixou-se repousar por um min (tempo de reação); e
6. Introduziu-se a cubeta com amostra no espectrofotómetro e *read*.

4.4.2.12. Sólidos dissolvidos totais

Para determinação dos sólidos dissolvidos totais foi utilizado o seguinte procedimento:

- Determinou - se a condutividade elétrica e o seu valor foi multiplicado por 0.68 segundo a Tabela 6.

Tabela 6 - Valores de Sólidos dissolvidos totais em função da Condutividade

Condutividade	Sólidos dissolvidos totais
< 1 000	0,68*condutividade
1 000 a 4 000	0,75*condutividade
4 000 a 10 000	0,82*condutividade

4.5. Metodologia de inquérito

Para a realização do inquérito foi utilizado o seguinte procedimento:

As entrevistas (*vide* Anexo II) aplicadas tiveram por objetivo avaliar a perceção relativamente ao sistema de abastecimento de água público da cidade do Lubango. Na sua génese, são compostos por seis perguntas cada do tipo abertas e fechadas. As perguntas são maioritariamente fechadas, existindo, no entanto, duas perguntas abertas, que têm como objetivo a perceção da qualidade do serviço e as medidas que podem vir a ser adotadas para alcançar a melhoria no sistema de abastecimento de água, na perspetiva dos munícipes.

Relativamente a parte inicial da entrevista, serviu para caracterizar a amostra recolhida, referindo-se à idade, ao género e às habilitações literárias.

Os referidos inquéritos foram efetuados em maio de 2017. Os dados obtidos através das respostas dos inquiridos foram analisados de acordo com as suas escolhas e com as respetivas justificações. Para tal, foram entrevistados três funcionários do Laboratório de controlo de qualidade da água e 30 munícipes da cidade do Lubango escolhidos de maneira aleatória com idades compreendidas entre os 18 anos e 52 anos de idade, com habilitações literárias básico, médios e superior. Dos quais 18 do género feminino e 15 do género masculino, totalizando trinta e três entrevistados. Os resultados das entrevistas estão descritos na secção 5.2.

5. Resultados

5.1. Análise físico-química

Durante o estágio foram realizadas análises físico-químicas para avaliar a qualidade da água da Cidade do Lubango (Huíla) nas três principais captações (Bombagem, Tundavala e Nossa Sra. do Monte) e três sistemas periféricos (Bula Matadi, Mitcha e Joaquim Kapango). Os resultados obtidos em cada parâmetro analisado estão apresentados de seguida neste capítulo. Para avaliar a potabilidade da água, os resultados das análises foram comparados com os valores máximos admissíveis (VMA) e os valores máximos recomendáveis (VMR) estabelecidas pela OMS.

5.1.1. pH

A OMS prevê VMP de pH da água para consumo humano situada entre 6,0 a 9,0 (WHO, 2011). Os valores obtidos nas nascentes, encontram-se abaixo dos valores estabelecidos pela OMS, Tabela 7. Diante destes resultados verificou-se que as águas dessas nascentes são levemente ácidas. Enquanto que para os sistemas periféricos os valores de pH obtidos estão dentro dos valores máximos permissíveis pela OMS, como nos mostra a Tabela 7.

Tabela 7 - Valores de pH obtido nas nascentes e sistemas periféricos

Indicador	Nascentes			
	Bombagem	Tundavala	Sra. Do Monte	VMP
pH	5,44 a 25,4°C	5,62 a 21,2°C	5,07 a 21,6°C	6,0 a 9,0
	Sistemas Periféricos			
	Bula Matadi	Mitcha	J. Kapango	VMP
	6,73	6,71	6,63	6,0 a 9,0

5.1.2. Temperatura

A Tabela 8 apresenta os valores referentes a temperatura das nascentes e sistemas periféricos.

Tabela 8 - Valores de temperatura obtido nas nascentes e sistemas periféricos

Indicador	Nascentes			
	Bombagem	Tundavala	Sra. Do Monte	VMP
Temperatura	25,4° C	21,2° C	21,6° C	
	Sistemas Periféricos			
	Bula Matadi	Mitcha	J. Kapango	VMP
	13,5° C	13,3° C	13,4° C	

5.1.3. Turbidez

A OMS estabelece para a turvação um VMP de 5,0 UNT para água de abastecimento (WHO, 2011). Os resultados obtidos e apresentados na Tabela 9, demonstram que as amostras de água das três nascentes e dos sistemas periféricos, encontram-se dentro do VMP estabelecido pela OMS.

Tabela 9 - Valores de turbidez obtido nas nascentes e sistemas periféricos

Indicador	Nascentes			
	Bombagem	Tundavala	Sra. Do Monte	VMP
Turbidez	1,23 NTU	0,63 NTU	0,86 NTU	5 NTU
	Sistemas Periféricos			
	Bula Matadi	Mitcha	J. Kapango	VMP
	0,60 NTU	0,36 NTU	0,63 NTU	5 NTU

5.1.4. Condutividade elétrica

A OMS estabelece para a condutividade elétrica (CE) um valor máximo permissível de 1000 $\mu\text{s}/\text{Cm}$ para água de abastecimento (WHO, 2011). Os resultados obtidos para este parâmetro estão descritos na Tabela 10, e demonstram que os valores de CE das três nascentes encontram-se e dos sistemas periféricos, encontram-se dentro dos VMP estabelecidos pela OMS. Com principal realce ao resultado obtido no sistema do Joaquim Kapango onde obteve-se 624 $\mu\text{s}/\text{Cm}$. Permitiu realizar a experiência do eletrólise onde constatou-se que valores acima de 600 $\mu\text{s}/\text{Cm}$ conduzem a corrente elétrica.

Tabela 10 - Valores CE obtido nas nascentes e sistemas periféricos

Indicador	Nascentes			
	Bombagem	Tundavala	Sra. Do Monte	VMP
C. Elétrica	9,67 $\mu\text{s}/\text{Cm}$	13,05 $\mu\text{s}/\text{Cm}$	17,02 $\mu\text{s}/\text{Cm}$	2500 $\mu\text{s}/\text{Cm}$
	Sistemas Periféricos			
	Bula Matadi	Mitcha	J. Kapango	VMP
	388 $\mu\text{s}/\text{Cm}$	236 $\mu\text{s}/\text{Cm}$	624 $\mu\text{s}/\text{Cm}$	500 $\mu\text{s}/\text{Cm}$

5.1.5. Dureza

Nas análises de dureza, nenhuma amostra das águas das nascentes ultrapassou o VMP de 500 mg/L CaCO_3 estabelecido pela OMS. As águas dessas nascentes foram consideradas como moles ou brandas (dureza < 20 mg/l). Para os sistemas periféricos notou-se uma variação da dureza, mas encontram-se dentro dos VMP definidos pela OMS, Tabela 11. Estas águas segundo a dureza são classificadas como: água da Bula Matadi e Mitcha como moderadamente dura, e de Joaquim Kapango como dura.

Tabela 11 - Valores de dureza obtido nas nascentes e sistemas periféricos

Indicador	Nascentes			
	Bombagem	Tundavala	Sra. Do Monte	VMP
Dureza total	<20 mg/l CaCO ₃	<20 mg/l CaCO ₃	<20 mg/l CaCO ₃	500 mg/l CaCO ₃
	Sistemas Periféricos			
	Bula Matadi	Mitcha	J. Kapango	VMP
	140 mg/l CaCO ₃	120 mg/l CaCO ₃	200 mg/l CaCO ₃	500 mg/l CaCO ₃

5.1.6. Amónio

A OMS estabelece como VMP para o amónio 250 mg/L NH₃ (WHO, 2011). Os resultados obtidos nas três captações e nos sistemas periféricos encontram-se dentro do valor estabelecido pela OMS, conforme apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Valores de amónio obtido nas nascentes e sistemas periféricos

Indicador	Nascentes			
	Bombagem	Tundavala	N. Sra. Monte	VMP
Amónio	0,02 mg/l	0,01 mg/l	0,00 mg/l	50 mg/l
	Sistemas Periféricos			
	Bula Matadi	Mitcha	J. Kapango	VMP
	0,00 mg/l	0,00 mg/l	0,00 mg/l	50 mg/l

5.1.7. Manganês

A OMS estabelece como VMP para o Manganês de 0,5 mg/L Mn (WHO, 2011). As nascentes e os sistemas periféricos apresentaram valores que se encontram dentro dos parâmetros estabelecidos, conforme a Tabela 13.

Tabela 13 - Valores de manganês obtido nas nascentes e sistemas periféricos

Indicador	Nascentes			
	Bombagem	Tundavala	Sra. Do Monte	VMP
Manganês	0,029 mg/l Mn	0,008 mg/l Mn	0,015 mg/l Mn	0,5 mg/l Mn
	Sistemas Periféricos			
	Bula Matadi	Mitcha	J. Kapango	VMP
	0,017 mg/l Mn	0,013 mg/l Mn	0,011 mg/l Mn	0,5 mg/l Mn

5.1.8. Sólidos dissolvidos totais

A OMS estabelece como VMP para os Sólidos dissolvidos totais de 1000 mg/l (WHO, 2011). Todas as nascentes e sistemas periféricos avaliados apresentaram valores para sólidos dissolvidos totais dentro do padrão de potabilidade (VMP = 1000 mg/l), conforme a Tabela 14. As maiores médias para esse parâmetro foram observadas aos sistemas periféricos.

Tabela 14 - Valores de sólidos dissolvidos totais obtido nas nascentes e sistemas periféricos

Indicador	Nascentes			
	Bombagem	Tundavala	N. Sra. Monte	VMP
Sólidos Dissolvidos Totais	$0,68*9,67= 6,5$	$0,68*13,05= 8,8$	$0,68*17,02= 11,5$	1000 mg/l
	Sistemas Periféricos			
	Bula Matadi	Mitcha	J. Kapango	VMP
	$388*0,68= 194$ mg/l	118 mg/l	312 mg/l	1000 mg/l

5.1.9. Ferro

A OMS estabelece como VMP para o ferro 0,3 mg/l Fe (WHO, 2011). Os teores de ferro na água das nascentes analisadas encontram-se dentro do valor estabelecido pela OMS. Para os médios sistemas os teores de ferro também se encontram dentro dos parâmetros estabelecidos pela OMS, como apresenta a Tabela 15.

Tabela 15 - Valores de ferro obtido nas nascentes e sistemas periféricos

Indicador	Nascentes			
	Bombagem	Tundavala	Sra. Do Monte	VMP
Ferro total	0,13 mg/l Fe	0,12 mg/l Fe	0,21 mg/l Fe	0,3 mg/l Fe
	Sistemas Periféricos			
	Bula Matadi	Mitcha	J. Kapango	VMP
	0,02 mg/l	0,02 mg/l	0,03 mg/l	0,3 mg/l

5.1.10. Nitratos

A OMS estabelece como VMP para nitratos 50 mg/l NO₃ (WHO, 2011). As concentrações de nitratos encontrada nas águas das nascentes encontram-se dentro do valor máximo permissível estabelecido pela OMS. As amostras dos sistemas periféricos também se encontram dentro do VMP, conforme apresentados na Tabela 16. Com maior realce as amostras dos sistemas do Bula Matadi e Joaquim Kapango que tiveram os valores de 11,4 mg/l e 12,0 mg/l.

Tabela 16 - Valores de nitratos obtido nas nascentes e sistemas periféricos

Indicador	Nascentes			
	Bombagem	Tundavala	Sra. Do Monte	VMP
Nitratos	4,2 mg/l NO ₃	1,9 mg/l NO ₃	2,8 mg/l NO ₃	50 mg/l NO ₃
	Sistemas Periféricos			
	Bula Matadi	Mitcha	J. Kapango	VMP
	11,4 mg/L NO ₃	6,8 mg/L SO ₄	12 mg/L SO ₄	50 mg/L SO ₄

5.1.11. Sulfatos

A OMS estabelece como VMP para sulfatos 250 mg/l SO₄ (WHO, 2011). As concentrações de sulfatos encontradas nas águas das nascentes e dos sistemas periféricos encontram-se dentro do valor máximo permissível estabelecido pela OMS, conforme a Tabela 17.

Tabela 17 - Valores de sulfatos obtido nas nascentes e sistemas periféricos

Indicador	Nascentes			
	Bombagem	Tundavala	Sra. Do Monte	VMP
Sulfatos	0,0 mg/l SO ₄	6,0 mg/l SO ₄	1,0 mg/l SO ₄	250 mg/l SO ₄
	Sistemas Periféricos			
	Bula Matadi	Mitcha	J. Kapango	VMP
	18 mg/l SO ₄	10 mg/l SO ₄	9,0 mg/l SO ₄	250 mg/l SO ₄

5.1.12. Cloretos

A OMS estabelece como VMP para cloretos 600 mg/l (WHO, 2011). Os valores de cloretos da água das nascentes e dos sistemas periféricos encontram-se dentro dos padrões de potabilidade definido pela OMS, conforme a Tabela 18.

Tabela 18 - Valores de cloretos obtido nas nascentes e sistemas periféricos

Indicador	Nascentes			
	Bombagem	Tundavala	N. Sra. Monte	VMP
Cloretos	161 mg/l	50,6 mg/l	13,4 mg/l	250 mg/l Cl
	Sistemas Periféricos			
	Bula Matadi	Mitcha	J. Kapango	VMP
	92.,7 mg/l Cl	40,7 mg/l Cl	195 mg/l Cl	250 mg/l Cl

5.2. Estudo de influência do hidróxido de cálcio a água (Ca(OH)_2)

Tendo analisado os valores de pH da água das nascentes abaixo dos VMP e com a necessidade de corrigi-lo, fez-se um estudo para determinar a influência do hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) na água e a quantidade suficiente para se atingir o pH recomendado. Para tal, escolheu-se uma amostras e preparou-se cinco (5) quantidades de Ca(OH)_2 (Fig. 26), com as seguintes quantidades cada, Tabela 19:

Tabela 19 - Quantidade de hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2)

Amostras	Quantidades de Ca(OH)_2 g/l
1	0.5
2	1.0
3	1.5
4	2.0
5	2.5



Figura 26 - Hidróxido de cálcio

Adicionou-se 1 litro de água (amostra) a cinco gobelés, Figura 27 e em ordem crescente fez-se a adição da cal. Através do *Jars Test* foram submetidos a mesma velocidade e tempo de agitação, até a dissolução total da cal.



Figura 27 - Amostra de água no Jars Test

Conforme se observa na Tabela 20 o valor de pH aumenta de maneira gradual com a adição da cal. E, para o nosso valor inicial de pH (5,07) a quantidade ideal para se atingir o ótimo é 0,5 g/l de Ca(OH)₂.

Tabela 20 - Efeito do Ca(OH)₂ sobre o pH e a Dureza

Concentração de Ca(OH) ₂ g/l	pH1	pH2	Dureza 1	Dureza 2
0,5	5,4	7,1	20	60
1,0	5,4	7,3	20	60
1,5	5,4	7,6	20	80
2,0	5,4	7,8	20	120
2,5	5,4	7,8	20	120

- a) pH1 sem adição da cal b) pH2 com adição da cal c) Dureza 1 sem adição da cal
 d) Dureza 2 com adição da cal

5.3. Síntese de resultados

Após a realização das análises físico-químicas para avaliação da qualidade da água pública da cidade do Lubango, realizou-se um estudo comparado dos resultados obtidos pelos técnicos do laboratório, no ano 2015 e 2016, e realizou-se uma comparação com os dados atuais. Isto, para melhor se avaliar a variação dos parâmetros dos indicadores de qualidade e certificar-se que a água se encontra dentro dos parâmetros estabelecidos pela OMS. O quadro 5 apresenta os resultados do estudo comparativo da nascente da Bombagem dos anos 2015 a 2017. E o quadro 3 apresenta os resultados do sistema da Mitcha dos anos 2015 a 2017.

Quadro 5 – Estudo Comparativo dos resultados das análises de qualidade da nascente da Bombagem de 2015 a 2017

Bombagem						
Parâmetros	11/12/2015	VMR	09/12/2016	VMR	20/05/2017	VMR
pH	5,6	X	5,1	X	5,44	X
CE	14,2	✓	11,4	✓	9,67	✓
Dureza	20	✓	20	✓	20	✓
Ferro	0,01	✓	*	*	0,13	✓
Temperatura	22,0	✓	21,3	✓	25,4	✓
Sulfatos	0,0	✓	*	*	0,0	✓
Amônio	*	*	*	*	0,02	✓
nitratos	0,0	✓	*	*	4,2	✓
SDT	7,1	✓	5,6	✓	4,8	✓
Cloretos	*	*	*	*	16,1	✓
Manganês	*	*	*	*	0,029	✓
Turvação	1,4	✓	4,3	✓	1,23	✓

*Resultados não disponíveis

✓ Valores dentro dos VMR

X Valores fora dos VMR

Para o sistema da Bombagem, os parâmetros dureza, condutividade, ferro, temperatura, sulfatos, nitratos, SDT e turvação registaram, ao longo dos anos valores dentro dos VMR estabelecidos pela OMS. O parâmetro pH registou, durante os três anos valores abaixo dos VMR estabelecido pela OMS, conforme se verifica no quadro 5.

Quadro 6 – Estudo comparativo entre os resultados das análises do sistema da Mitcha de 2015 a 2017

Sistema da Mitcha						
Parâmetros	29/11/ 2015	VMR	09/09/2016	VMR	20/05/2017	VMR
pH	6,6	✓	6,8	✓	6,7	✓
CE	419	✓	496	✓	236	✓
Dureza	160	✓	160	✓	120	✓
Ferro	*	*	0,2	✓	0,02	✓
Temperatura	22,8	✓	25,7	✓	13,3	✓
Sulfatos	*	*	*	*	10	✓
Amónio	*	*	0,01	✓	0,0	✓
Nitratos	*	*	3,2	✓	6,8	✓
SDT	209,5	✓	*	*	118	✓
Cloretos	*	*	*	*	40,7	✓
Manganês	*	*	*		0,013	✓
Turvação	1,5	✓	0,74	✓	0,36	✓

*Resultados não disponíveis

No sistema periférico da Mitcha, os parâmetros condutividade, ferro, temperatura, sulfatos, nitratos, SDT, turvação e pH registaram, ao longo dos anos valores dentro dos VMR estabelecidos pela OMS. O parâmetro dureza registou, durante os três anos valores dentro dos VMR estabelecido pela OMS, mas carece de tratamento para sua redução.

5.4. Inquérito sobre qualidade da água e do serviço

As entrevistas (*vide* Anexo II) aplicadas tiveram por objetivo avaliar a percepção relativamente ao sistema de abastecimento de água público da cidade do Lubango. Na sua génese, são compostos por seis perguntas cada do tipo abertas e fechadas. As perguntas são maioritariamente fechadas, existindo, no entanto, duas respostas abertas, que têm como objetivo a percepção da qualidade do serviço e as medidas que podem vir a ser adotadas para alcançar a melhoria no sistema de abastecimento de água, na perspetiva dos munícipes.

Relativamente a parte inicial, serviu para caracterizar a amostra recolhida, referindo-se à idade, ao género e às habilitações literárias.

Tal como se pode verificar na Figura 28 a grande maioria da população estudada é do género feminino, correspondendo a 55 % da amostra (N=18).

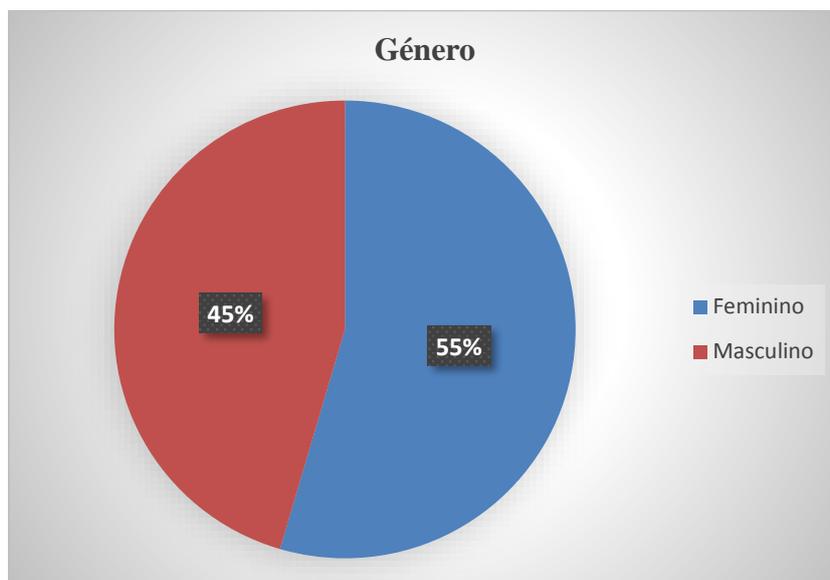


Figura 28 - Distribuição dos entrevistados por género

No que respeita à idade, é possível verificar que a maioria das pessoas entrevistadas, têm entre 18 e 30 anos, o que representa 66% da amostra (N=21), sendo a minoria (12%) composta por entrevistados na faixa etária entre os 41 e 52 anos (N=4), conforme a Figura 29.

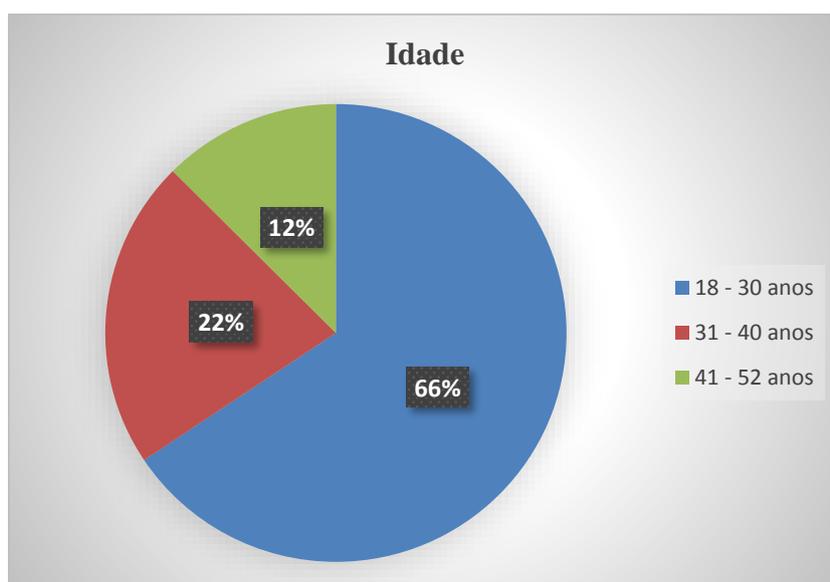


Figura 29 - Distribuição dos entrevistados por idade

No que concerne às habilitações literárias, como se pode constatar através da Figura 30, a maioria dos entrevistados (49%) são estudantes universitários (N=16), sendo a minoria corresponde a Outros (6%).

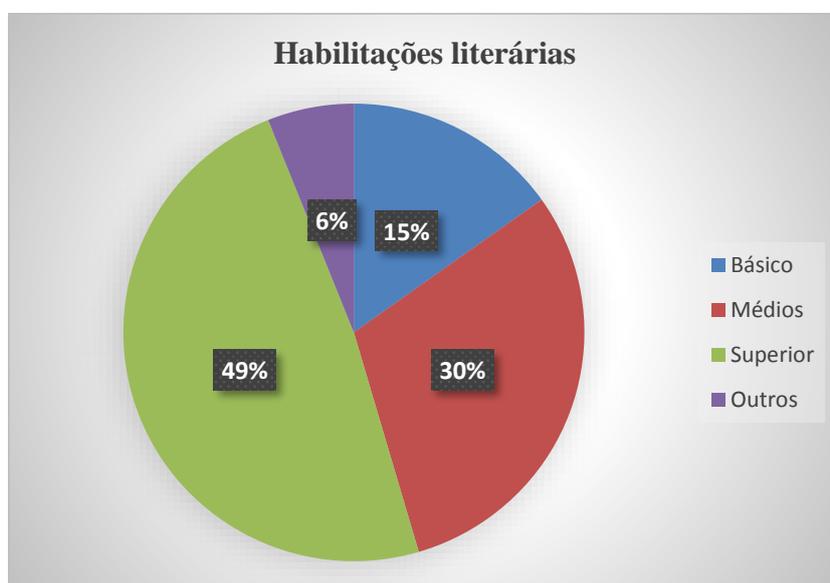


Figura 30 - Distribuição dos entrevistados por habilitações literárias

Através da Figura 31 é possível verificar que 67% da amostra diz que os parâmetros utilizados para análise de controlo de qualidade da água são os físico-químicos.

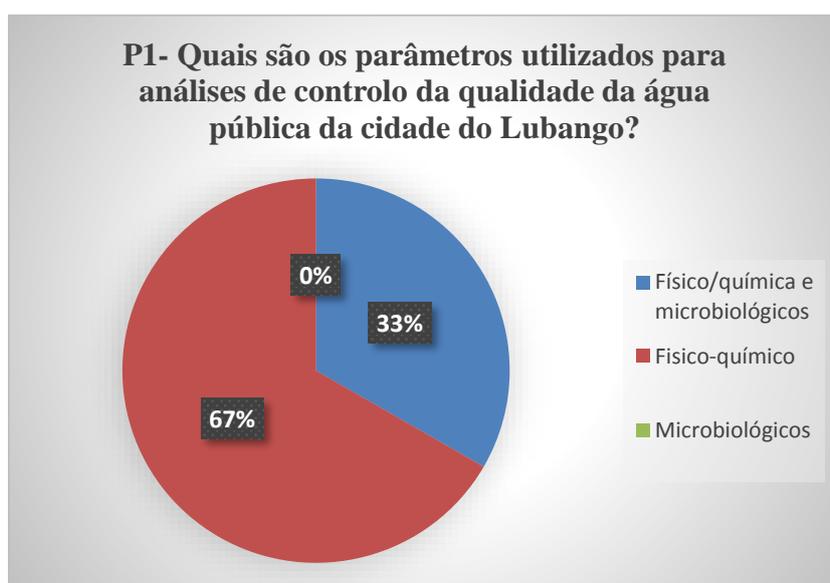


Figura 31 - Tipo de análise de controlo de qualidade

Verifica-se que é unânime entre os entrevistados, de que a água distribuída encontra-se dentro dos parâmetros de qualidade, uma vez que 100% das respostas (N=3) são “Sim”, conforme a Figura 32.

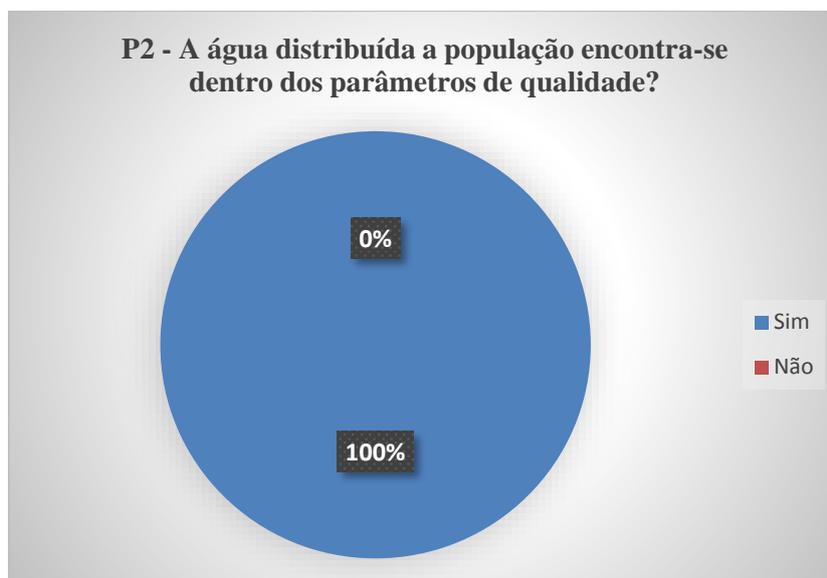


Figura 32 - A água encontra-se dentro dos parâmetros

No que respeita a quantidade de água distribuída a população a Figura 33 mostra que 100% os entrevistados foram unânimes em dizer que “Não”. Urge a necessidade de aumentar a caudal distribuído a população.

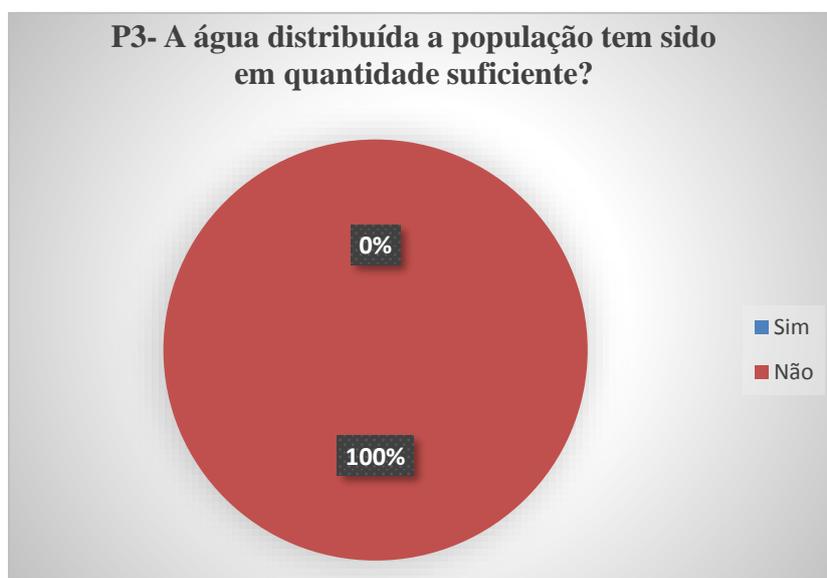


Figura 33 – Resultado sobre o caudal de água distribuído a população

Através da Figura 34 é possível verificar que, os entrevistados responderam que “Sim”, justificando que possuem uma vedação e um responsável que vela pela preservação da mesma.

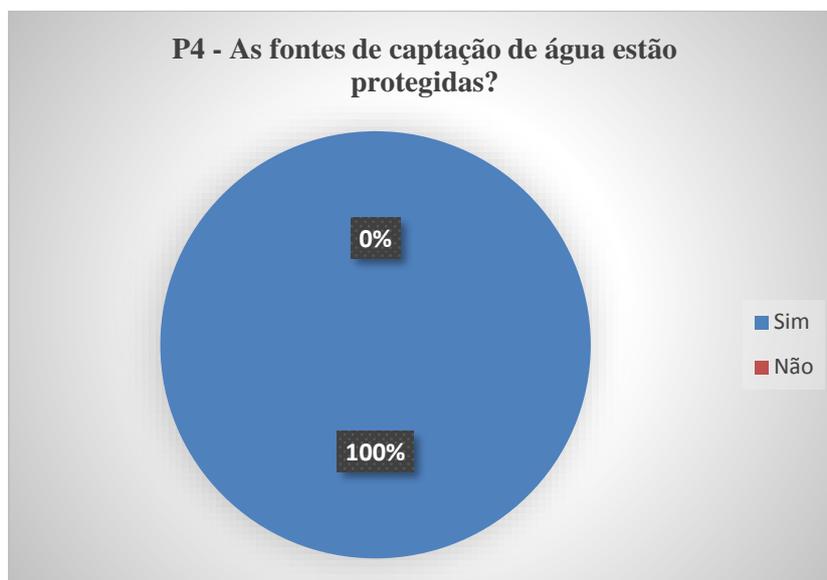


Figura 34 - Resultados do estado de proteção das captações

No que toca, as ações e planos já executados e os que estão em curso para melhoria da qualidade da água pública, os entrevistados afirmaram que estão em curso a requalificação do sistema de distribuição de água a população do Lubango, através do “Projeto Águas do Lubango”, com a colocação de novas tubagens em PVC e a desinfecção regular nos principais reservatórios da cidade.

Os principais desafios para o futuro são, levar a água em quantidade e qualidade suficiente a maior parte da população da cidade e Periferia do Lubango, através do projeto Águas para Todos.

Municípios

Através da Figura 35 é possível verificar que 46% (N=15) da amostra diz não aplicar qualquer tipo de tratamento a água, sendo que apenas 27% ferve e 17% filtram a água para consumo.

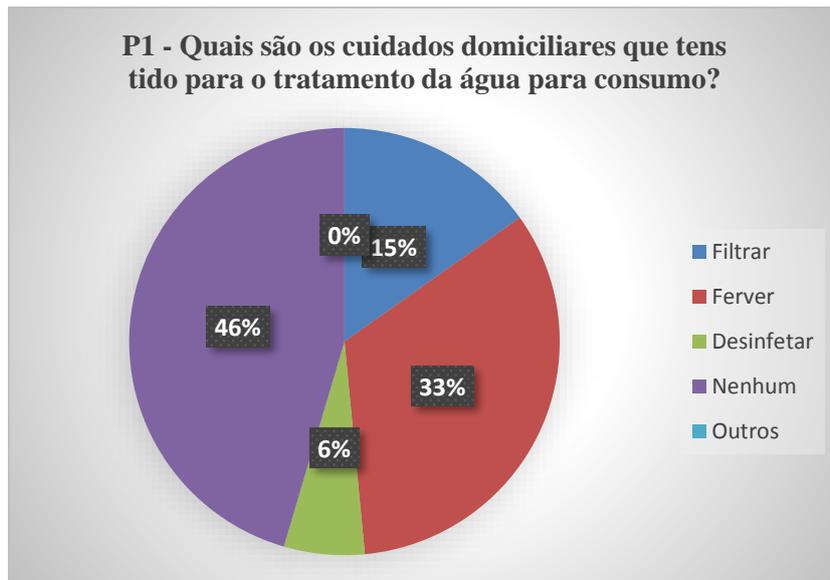


Figura 35 - Resultados dos cuidados domiciliares de tratamento de água para consumo

Relativamente à pergunta 2, “A água de consumo público se não for tratada pode provocar doenças?”, Todos os entrevistados responderam que “Sim” e as doenças mais referenciadas podem ser visualizadas na Figura 36.



Figura 36 -Resultado das principais doenças de origem hídrica

No que respeita aos riscos de contaminação e poluição dos sistemas de captação, a Figura 37 mostra que, 33% dos entrevistados afirmaram que “Não”, justificando que tem havido limpeza em torno dos sistemas de captação todos os finais de semana, antes dos municípios

iniciarem a acarretar a água. E, 67% afirmaram que “Sim”, justificando que devido aos problemas de urbanização a água dos sistemas podem sofrer contaminação por via de postos de gasolinas, fossas sépticas que se encontram em torno dos mesmos sistemas e despejo de águas residuais em locais inapropriados.

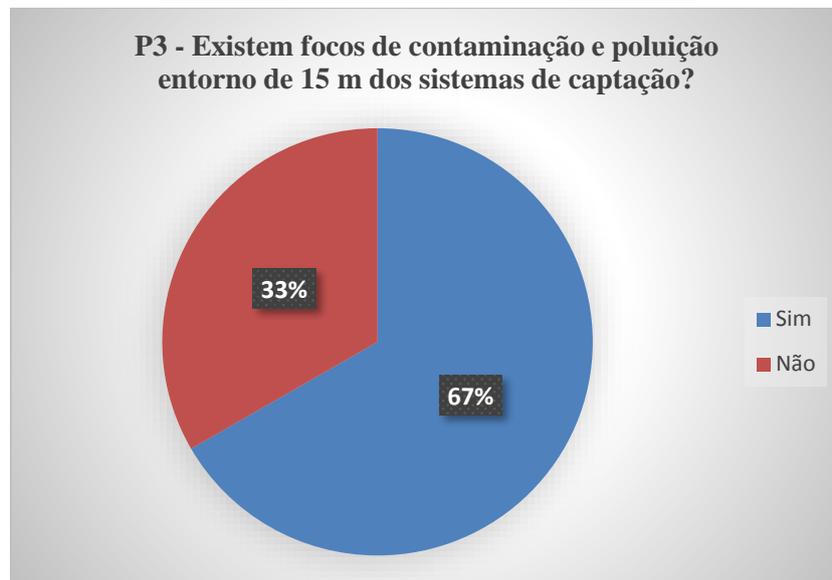


Figura 37 - Resultados do estado higiénico das captações segundo os municípios

A Figura 38 mostra que 20% dos entrevistados (N=6) estão satisfeitos com qualidade da água de abastecimento pública, justificando que a água apresenta características que a fazem considerar potável. E, (80%) responderam que “Não” (N=24), justificando que, é preciso a realização de análises de controlo de qualidade, uma vez que, a água pode ser contaminada por vários fatores, tais como: fossas sépticas, produtos industriais e por ser uma água de origem subterrâneas.



Figura 38 - Resultados sobre a satisfação dos munícipes com a qualidade de água

No que respeita a sexta e última questão, os entrevistados reponderam, “O que gostarias ver melhorado no sistema de distribuição de água pública da cidade do Lubango?” Os entrevistados foram unânimes em afirmarem que, gostariam de ver melhorado o aumento do caudal de distribuição de água a população, ou seja, a sua melhoria em termos de qualidade e quantidade e que fosse fornecida regularmente.

6. Conclusões

- 1) O abastecimento de água potável é uma prioridade da política nacional e provincial em Angola, pois está reconhecida a importância da qualidade e quantidade da água de abastecimento público para garantir condições sanitárias básicas das populações, do seu bem estar e o desenvolvimento económico e social. O estudo identificou os aspetos mais significativos do quadro legal e institucional que rege o uso e distribuição da água pública e que salvaguardam a melhoria do serviço no futuro próximo.
- 2) A monitorização desenvolvida da qualidade da água do sistema de abastecimento do Lubango permitiu concluir que a qualidade da água no que refere aos parâmetros físico-químicos legais é satisfatória. Não foi possível efetuar análises microbiológicas, pelo que os resultados não podem inferir objetivamente sobre este aspecto. Não foi portanto comprovada a garantia das condições plenas da qualidade da água.
- 3) A rede hidráulica de abastecimento está em remodelação, sendo de esperar a melhoria das condições de fiabilidade do serviço. Este facto, vai induzir à melhoria da qualidade da água nos utilizadores.
- 4) Os munícipes foram consultados neste estudo através de inquérito, permitindo concluir que uma parte significativa (cerca de 50%) efetua por precaução, a desinfeção da água, por fervura ou cloração, nos domicílios para evitar riscos de doenças contagiosas veiculadas pela água. A não garantia dum tratamento mais rigoroso da qualidade da água leva a uma insatisfação elevada (cerca de 65%) relativamente ao serviço prestado.
- 5) Como contributo para melhoria da gestão do sistema de abastecimento, apresentaram-se as seguintes propostas:
 - a) Aplicação de um plano de monitorização que garanta com a realização regular de análises microbiológicas e físico-químicas da água em pontos significativos da rede.
 - b) Adoção de procedimentos sistemáticos de higienização de reservatórios e condutas.
 - c) Correção da acidez da água, para minimizar os riscos decorrente do facto de o pH da água na origem ser relativamente baixo.

- d) Reforço dos caudais de abastecimento e da capacidade hidráulica da rede para permitir aumentar o consumo para uma capitação no mínimo de $100 \text{ L.dia}^{-1}.\text{hab}^{-1}$, valor que é o dobro da capitação atual.

Referências bibliográficas

- Alexandre, C., Simas, L., Gonçalves, P. e Lopes, J.L. (2005). Controlo da qualidade da água para consumo humano em sistemas públicos de abastecimento. Guia IRAR n. 6. Série Guias Técnicos IRAR. IRAR. Lisboa. ISBN 972-99354-6-7.
- Alves, C. (2010). Tratamento de águas de abastecimento. 3ª edição. Publindústria, Edições Técnicas. Lisboa.
- Attewel, P. (1993). Ground Pollution: Environmental, Geology, Engineering and law. Londres, E & Fn Spon e Chapman & Hall, 1993.
- Black & Veatch Corporation. (2010). White's Handbook of Chlorination and alternative Disinfectants. 5th Edition. John Wiley & Sons Inc., New Jersey.
- Bose P. e Reckhow D. A. (2007). The effect of ozonation on natural organic matter removal by alum coagulation. *Water Research*, 41, 1516-1524.
- Bougéard C. M. M., Goslan E. H., Jefferson B. e Parsons S. A. (2010). Comparison of the disinfection by-product formation potencial of treated waters exposed to chlorine and monochloramine. *Water Research*, 44, 729-740.
- Cappi, N., Carvalho, E. M., Pinto, A. L. (2006). Influência do uso e ocupação do solo nas características químicas e biológicas das águas de poços na bacia do córrego Fundo, Aquidauana, MS. In: 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, Brasil, 11-15 novembro 2006, Anais... Embrapa Informática Agropecuária/INPE.
- Caron E., Chevretil G., Barbeau B., Payment P. e Prévost M. (2007). Impacto f microparticles on UV disinfection of indigenous aerobic spores. *Water Research*, 41, 4546-4556.
- Chang C. Y., Hsieh Y. H., Shih I. C., Hsu S.S. e Wang K. H. (2000). The formation and control of disinfection by-products using chlorine dioxide. *Chemosphere*, 41, 1181-1186.
- Coleção Ambiente 4. (2008). Produção, Exploração e Distribuição de Água. Edições Almedina. SA. Coimbra. ISBN 978-972-40-3608-3.
- Costa, L. (2016). Angola, passos recentes do setor das águas. Disponível em: <http://www.ppa.pt/wp-content/uploads/2017/07/3.-Lucr%C3%A9cio-Costa.pdf>. Acesso aos 29 de Junho de 2017 às 02h10 minutos.

D'Águila, O. S. (2000). Avaliação da qualidade de água para o abastecimento público do Município de Nova Iguaçu. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, p. 791-798.

Deberdt, André J. (1997). Programa Pró-Ciências: Qualidade da Água. Centro de Educação Científica e Cultural. São Paulo. Disponível em <http://educar.sc.usp.br/biologia/prociencias/qagua.htm>.

Dennis J. P., Rauscher D.C. e Foust D. A. (1991). Practical Aspects of Implementing Chloramines. Conference Proceedings, AWWA Annual Conference. Philadelphia, PA.

EPA (Environmental Protection Agency) [1999] Alternative Disinfectants and Oxidants. EPA Guidance Manual. EPA 815-R-99-014. Office of Water – United States Environmental Protection Agency.

Fundação Nacional de Saúde. (1994). Manual de controlo da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS. Brasília. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wpcontent/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf. Acesso aos 20 de Maio de 2017. As 7h10 minutos.

Gerber G. B., Léonard A. e Hantson P. (2002) Carcinogenicity, mutagenicity and teratogenicity of manganese compounds. *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, 42, 25-34.

Guo Q. (1997). Increases of lead and chromium in drinking water from using cementmortar-lined pipes: initial modeling and assessment. *Journal of Hazardous Materials*, 56, 181-213.

Hammes F., Shalli E., Koster O., Kaiser H. P., Egli T. e von Gunten U. (2006). Mechanistic and kinetic evaluation of organic disinfection by-product and assimilable organic carbon (AOC) formation during the ozonation of drinking water. *Water Research*, 40, 2275-2286.

Hijnen W. A. M., Beerendonk E. F. e Medema G. J. (2006). Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan (oo)cysts in water: A review. *Water Research*, 40, 3-22.

Instituto de Águas. (2000). Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo. Lisboa.

Johnson, E. E. (1966). Água subterrânea e poços tubulares. Saint Paul, Minnesota.

- Jones, J. (1997). *Global hidrology: processes, resources and enviromental*, Addison Wesley Longman, Essex.
- Kiely G. (1998). Water treatment. Em: *Environmental Engineering*. Chapter 11, pp. 437-492. Irwin McGraw – Hill, Malaysia.
- Kreft P., Scheible O. K. e Venosa A. (1986). Hydraulic studies and cleaning evaluations of ultraviolet disinfrction units. *Journal of the Water Pollution Control Federations*, 58, 1129-1137.
- Laboratório Provincial de Controlo de Qualidade da Água da Huíla. (2017). *Plano de Controlo de Qualidade da Água da Huíla (PCQA)*.
- Lasheen M. R., Sharaby C. M., El-Kholy N. G., Elsherif I. Y. e El-Wakeel S. T. (2008). Factors influencing lead and iron release from some Egyptian drinking water pipes. *Journal of Hazardous Materials*, 160, 675-680.
- Libânio, M. (2005). *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. São Paulo: Átomo.
- Macêdo, Jorge A.B. (2007). *Águas & Águas*. Belo Horizonte: CRQ-MG. 3 ed. 1043 p.
- Meyer S. T. (1994). Uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. *Caderno de Saúde Pública*, 10, 99-110.
- Ministério da Saúde. (2006). Secretaria de Vigilância em Saúde. *Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano*. Brasília: Ministério da Saúde, 2006a.
- Mota, Suetônio. (2010). *Introdução à engenharia ambiental*. Rio de Janeiro: ABES. 4 ed. 388 p.
- Norton C. D. e LeChavallier M. W. (1997). Chloramination: its effect on distribution system water quality. *Journal of the American Water Works Association*, 89, 66-77.
- Nações Unidas, Gabinete do Alto Comissário para os Direitos Humanos (ACNUDH). (2010). Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos (ONU-Habitat), Organização Mundial de Saúde (OMS). (O) *Direito à Água*. Fact sheet N.º 35. Disponível em: http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_por.pdf. Acesso aos 18 de Junho de 2017 às 12h20 minutos.
- Organização Mundial de Saúde. (2010 a). *La carga de enfermedad y los estimados de costo-eficacia*. 2003.

- Probst, J.L.; Suchet, A.P. (1992). Fluvial suspended sediment transport and mechanical erosion the Maghreb, North Africa. *Journal des Sciences Hydrologiques / Hydrological Sciences Journal*, Oxford, v.37, n. 6, p. 624-637
- Rosa, M. J., Vieira, P., Menaia, J. (2009). O tratamento de água para consumo humano face à qualidade da água de origem. Guia IRAR n.º 13. Série Guias técnicos IRAR. IRAR. Lisboa. ISBN 978-989-95392-7-3.
- Sagehshi M., Shiraishia K., Fujita H., Fujiti T. e Sakod A. (2005a). Ozone decomposition of 2-methylisoborneol (MIB) in adsorption phase on high silica zeolites with preventing bromate formation. *Water Research*, 39, 2926-2934.
- Sagehshi M., Shiraishia K., Fujita H., Fujiti T. e Sakod A. (2005b). Adsorptive ozonation of 2-methylisoborneol in natural water with preventing bromate formation. *Water Research*, 39, 3900- 3908.
- Salvato J. A., Nemerow N. L. e Agardy F. J. (2003). *Environmental Engineering*. Fifth Edition. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.
- Seyrig G. e Shan W. (2007). Chemical precipitation: water softening. ENE 806, Project Report 3. College of Engineering, Michigan State University.
- Sousa, E, R. (2001). Noções sobre qualidade da água. Parâmetros de caracterização de uma massa de água. Lisboa.
- Silva, R.C.A., Araújo, T.M. (2003). Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). *Ciência. Saúde Coletiva*, São Paulo.
- Teixeira, J.C., Leal, F.C.T. (2002). Desafios no controlo de doenças de veiculação hídrica associadas ao tratamento e ao abastecimento de água para consumo humano. In: VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Vitoria.
- Richter, Carlos A. (2009). *Água: métodos e tecnologia de tratamento*. São Paulo: Edgard Blücher. 1 ed. 352 p.
- Vieira, P., Rosa, M. J. e Alegre, H. (2007). Estações de tratamento de água para consumo humano em Portugal. ITH 44. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa.
- Volk C. J., Hofmann R., Chauret C., Gagnon G. A., Ranger G. e Andrews R. C. (2002). Implementations of chlorine dioxide disinfection: Effects of the treatment change on drinking water quality in a full-scale distribution system. *Journal of Environmental*

Engineering Science, 1, 323-330.

Von Gunten U. (2003). Ozonation of drinking water: Part II. Disinfection and by-product formation in presence of bromide, iodide or chlorine. *Water Research*, 37, 1469-1487.

White G. C. (1992). *Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectants*. Van Nostrand Reinhold, New York, NY.

Wetzel R. (1993) Destino do calor. Em: *Limnologia*. 2ª Edição. Cap. 6. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.

WHO (World Health Organizations) [2003] Ammonia in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. WHO/SDE/WSH/03.04.01. Geneva, Switzerland.

World Health Organization (2011). *Guidelines for Drinking-Water Quality*. fourth ed. Disponível em: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/en/. Acesso aos 21 de Dezembro de 2016 às 00h30 minutos.

Wright H. B. e Cairns W. L. (s/d). *Desinfección de agua por medio de luz ultraviolet*. Trojan Technologies Inc. Ontario, Canada.

Katsoyiannis I. A. E Zouboulis A. I. (2004) Biological treatment of Mn (II) and Fe (II) containing groundwater: kinetic considerations and product characterization. *Water Research*, 38, 1922-1932.

Kondakis X. G., Makris N., Leotsinidis M., Prinou M. e Papepetroulos T. (1989) Possible health effects of high manganese concentration in drink water. *Archives of environmental Health*, 44, 175-178.

Kohl P. e Medlar S. (2007) *Occurrence of Manganese in Drinking Water and Manganese Control*. AwwarRF Report 91147, USA.

Lasheen M. R., Sharaby C. M., El-Kholy N. G., Elsherif I.Y. e El-Wakeel S.T. (2008) Factors influencing lead and iron release from some Egyptian drinking water pipes. *Journal of Hazardous Materials*, 160, 675-680.

Madamombe I. (2006) Children just not have to die. Simple, cheap interventions can reduce African mortality rates. *Africa Renewal*, 19, 12.

Mines R. O. e Lackey L. W. (2009) *Introduction to environmental Engineering*. Prentice Hall, New Jersey, USA.

Pruss A., Kay D., Fewtrell L. e Bartram J. (2002) Estimating the burden of disease from water, sanitation and hygiene at a global level. *Environmental Health Perspectives*, 110, 537-542.

Schumann K., Ertle T., Szegner B., Elsenhans B. e Solomons N. W. (2007) On risks and benefits of iron supplementation recommendations for iron intake revisited. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 21, 147-168.

Skipton S. O., Dvorak B. I. e Woldt W. (2010) Drink water: sulfur (sulfate and hydrogen sulfide). NebGuide G1275. University of Nebraska.

Teixeira, F. (2009). Água. Fonte de Vida. In: “À Beira da Água”, Ed. CCRC, Coimbra.

Vieira, C., Nuno F. e Roque S. (2014). *Cluster da Água em Angola: Uma estratégia coletiva, manual de boas Práticas*. ISBN 978-972-8702-95-3. P.

Swietlik J., Raczkyk-Stanislawiak U. e Nawrocki J. (2009). The influence of disinfection on aquatic biodegradable organic carbon formation. *Water Research*, 43, 463-473.

Yang C. Y., Chang C. C., Tsai S. S. e Chiu H. F. (2006) Calcium and magnesium in drinking water and risk of death from acute myocardial infarction in Taiwan. *Environmental Research*, 101, 407-411.

Yavitch A. A. e Masten S. J. (2003). Use of ozonation and FBT to control THM precursors. *Journal of the American Water Works Associations*, 95, 159-171.

Zhang T., Chen W., Ma J. e Qiang Z. (2008). Minimizing bromate formation with cerium dioxide during ozonation of bromide-containing water. *Water Research*, 42, 3651-3658.

Zhang X. Z., Ni Y. e van Heiningen A. (2001). Effect of temperature on the kinetics of pulp ozonation. *Journal of Pulp Paper Science*, 27, 279-283.

Documentos consultados

IRSEA disponível em: <http://www.irsea.gov.ao/estatuto-organico-do-irsea/>. Acesso 22 de Junho de 2017 às 16h30 minutos

Plano de Ação do Setor de Energia e Águas 2013-2017. Disponível em: http://www.acew.org/res/32_4_plano_accao_do_setor_de_energia_e_aguas_2013_2017_vers%C3%A3o_abr_13_ver%202.pdf?PHPSESSID=os87une6kqi3mv0ip5q11and67. Acesso aos 22 de Junho de 2017 às 16h45 minutos.

Plano Nacional de Desenvolvimento 2013-2017. Disponível em: www.governo.gov.ao/download.aspx?id=1264&tipo=publicacao. Acesso aos 02 de Maio de 2017 às 14h40 minutos.

Plano de Desenvolvimento Provincial da Huíla 2013-2017. Disponível em: http://investhuila.com/beta/wp-content/uploads/HUILA_Sumario-executivo1.pdf. Acesso aos 05 de Abril de 2017 às 10h10 minutos.

Anexos

Anexo I - Definições

Abastecimento particular – sistemas de abastecimento de água que funciona sob responsabilidade particular.

Água potável – água que reúne determinadas características físicas, químicas e biológicas, que lhe confere qualidade satisfatória para o consumo humano.

Água destinada ao consumo humano – toda a água no seu estado original, ou após tratamento, destinada a ser bebida, a cozinhar, à preparação de alimentos ou a outros fins domésticos, independentemente da sua origem e de ser ou não fornecida a partir de uma rede de distribuição, de camiã-cisterna, em garrafas ou outros recipientes, com ou sem fins comerciais, bem como toda a água utilizada na industria alimentar para o fabrico, transformação, conservação ou comercialização de produtos ou de substancias destinados ao consumo humano, exceto quando a utilização dessa água não afeta a salubridade do género alimentício na sua forma acabada.

Águas subterrâneas – todas as águas que se encontram abaixo da superfície do solo, na zona saturada, e em contacto direto com o solo ou o subsolo.

Aquífero – uma ou mais camadas subterrâneas de rocha ou outros estratos geológicos suficientemente porosos e permeáveis para permitirem um escoamento significativo de águas subterrâneas ou a captação de quantidades significativas de águas subterrâneas.

Bom estado das águas subterrâneas – o estado global em que se encontra uma massa de águas subterrâneas quando os seus estados quantitativos e químico são considerados, pelo menos, bons.

Bom estado químico das águas subterrâneas – o estado químico alcançado por um meio hídrico subterrâneo em que a composição é tal que as concentrações de poluentes:

- Não apresentem efeitos significativos de intrusões salinas ou outras;
- Cumpram as normas de qualidade ambiental que forem fixadas em legislação específica.
- Não impeçam que sejam alcançados os objetivos ambientais específicos estabelecidos para as águas superficiais associadas nem reduzam significativamente a qualidade química ou ecológica dessas massas.

- Não provoquem danos significativos nos ecossistemas terrestres diretamente dependentes das massas de águas subterrâneas.

Caudal de exploração – volume de água extraída de um aquífero por unidade de tempo.

Captação de água subterrânea destinada ao consumo público – origem da água subterrânea destinada ao consumo humano mediante um sistema de abastecimento público.

Controlo – conjunto de ações de avaliação da qualidade da água realizadas com carácter regular pela entidade responsável pela gestão dos recursos hídricos em sistemas naturais ou pela entidade gestora do sistema de abastecimento de água, do sistema de tratamento de águas residuais ou da instalação industrial, com vista à manutenção permanente da sua qualidade em conformidade com a norma ou padrão estabelecido legalmente.

Crítérios de verificação de conformidade da qualidade da água – conjunto de regras que permitem avaliar se a qualidade da água, determinada nas condições e com a frequência estipulada, cumpre a norma ou padrão de qualidade referente a determinado uso.

Fisicamente acessível – Todas as pessoas deverão ter acesso a infraestruturas e serviços que lhe possibilitem ter água segura para os seus usos pessoais e domésticos. Para muitas pessoas, ter água canalizada no domicílio é um objeto não concretizável a curto, nem talvez a médio prazo. Um acesso mais fácil à água permite que as pessoas tenham mais água para beber, cozinhar e para a sua higiene. A pessoa que tiver água em casa mais facilmente é encorajada a lavar as mãos e a adotar outras medidas de higiene básica, do que se tiver de se deslocar dezenas, centenas ou milhares de metros para recolher água. Também a necessidade de carregar recipientes da água para o domicílio – tarefa que em muitos locais do mundo cabe às mulheres e às crianças – faz aumentar o número de casos de problemas na coluna vertebral e no sistema ósseo e impede a presença noutros locais (a escola, no caso das crianças). Em suma, um maior acesso à água permite aumentar a qualidade de vida das populações.

Método analítico de referência – um método que permite determinar com fiabilidade o valor de um parâmetro de uma dada norma de qualidade da água ou norma de descarga relativamente ao qual serão comparados outros métodos analíticos utilizados.

Norma ou padrão de qualidade da água – valores de parâmetros físicos, químicos, biológicos e microbiológicos que definem uma qualidade da água aceite como adequada

para determinado uso.

Objetivo da qualidade da água – qualidade pretendida para uma massa de água por um determinado período de tempo ou a alcançar dentro de um determinado prazo.

Qualidade da água – conjunto de valores de parâmetros físico, químicos, biológicos e microbiológicos da água que permite avaliar a sua adequação para determinados usos potenciais.

Rede distribuidora de água – sistema de canalizações, peças especiais e outros equipamentos instalados na via pública, cujo funcionamento seja de interesse geral para o serviço de distribuição de água.

Seguro e aceitável – A água deve ser segura para as utilizações a que se destina, pessoais ou domésticas. Não deverá conter microrganismos (micróbios, parasitas, etc.), nem apresentar risco químico, físico ou radiológico que constitua ameaça para a saúde humana. Deve ser aceitável em termos de cor e odor, de forma a que as pessoas possam escolher esta água em detrimento de alternativas poluídas. Os padrões de qualidade da água são normalmente definidos a nível nacional ou local.

Sistema de abastecimento de água para consumo humano – instalação composta por conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinada a produção e a distribuição canalizada de água potável para populações, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão;

Sistema de abastecimento público – sistema de abastecimento que funciona permanentemente sob a responsabilidade de uma ou mais entidades gestoras.

Solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano – toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água, incluindo, entre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontais e verticais;

Solução individual de abastecimento de água – toda e qualquer solução alternativa de abastecimento de água que atenda a um único domicílio;

Valor máximo admissível (VMA) – valor de norma de qualidade que não deverá ser ultrapassado.

Valor máximo recomendado (VMR) – valor de norma de qualidade que, de preferência, deve ser respeitado ou não excedido.

Anexo II: Modelo de inquérito de entrevista



Instituto Politécnico
Escola Superior Agrária de Coimbra

Entrevista

Guião de entrevista aplicado aos cidadãos da cidade de Lubango

A presente entrevista destina-se a obtenção de dados concernente aos Indicadores de Qualidade da Água para Consumo Humano da Cidade do Lubango, Província da Huíla. A mesma consta das metodologias para elaboração da dissertação para obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental.

Tem como objectivo precípua avaliar indicadores de qualidade da água para consumo humano na cidade do Lubango e contribuir para melhoria do serviço de abastecimento.

Agradecemos a máxima veracidade nas respostas, porque deste modo permitirá o conhecimento da realidade e contribuir para a sua melhoria.

Identificação

Nome: _____

Idade:

Sexo: M F

Habilitações: Básico Médio Superior outras

A água é vida!

1. Quais são os cuidados domiciliários que têm tido para o tratamento da água para consumo?

Filtrar Ferver Desinfetar nenhum outros

2. A água de consumo se não tratada pode provocar danos a saúde?

Sim Não

Justificação: _____

3. Quais são as principais doenças oriundas do consumo de água não tratada?

4. Existe focos de contaminação e poluição em entorno de 15 metros dos sistemas de captação? Sim Não

Justificação: _____

5. Estás satisfeito/a com a qualidade da água de consumo humano da cidade do Lubango? Sim Não

Justificação: _____

6. O que gostarias ver melhorado no sistema de distribuição de água da cidade do Lubango?

OBRIGADO



Instituto Politécnico
Escola Superior Agrária de Coimbra

Entrevista

Guião de entrevista aplicado a Técnicos e Entidades responsáveis pela DPEA.

A presente entrevista destina-se a obtenção de dados concernente aos Indicadores de Qualidade da Água para Consumo Humano da Cidade do Lubango, Província da Huíla. A mesma consta das metodologias para elaboração da dissertação para obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental.

Tem como objetivo precípuo avaliar indicadores de qualidade da água para consumo humano na cidade do Lubango e contribuir para melhoria do serviço de abastecimento.

Agradecemos a máxima veracidade nas respostas, porque deste modo permitirá o conhecimento da realidade e contribuir para a sua melhoria.

Identificação

Nome: _____

Idade:

Sexo: M F

Habilitações: Básico Médio Superior Outras

A água é vida!

1. Quais são os parâmetros utilizados para análises de controlo da qualidade da água de consumo distribuída a população da cidade do Lubango, Huíla?

Físico/Químico e microbiológicos

Físico/Químico

Microbiológicos

2. A água distribuída a população encontra-se dentro dos parâmetros de qualidade?

Sim Não

Justificação: _____

3. A água distribuída a população tem sido em quantidade e qualidade suficiente?

Sim Não

Justificação: _____

4. As fontes de captação de água estão protegidas?

Sim Não

5. Quais as ações e planos já executados e os em curso para a melhoria da qualidade da água distribuída a população?

6. Quais os principais desafios para o futuro?

OBRIGADO

Anexo III: Boletins de Registo Laboratorial

ESTUFA

Tabela 21 - - Boletim de registo laboratorial da estufa

LABORATÓRIO PROVINCIAL DE CONTROLO DE QUALIDADE DE ÁGUA DA HUÍLA				
BOLETIM REGISTO LABORATORIAL N.º 12/17				
TIPO DE AMOSTRA	ÁGUA DA ESTUFA	DATA DE EMISSÃO	20-02-2017	
ENTIDADE GESTORA	DPEA			
Data e hora de colheita	20-02-17 9h38'			
Responsável da colheita	José Cangundo	Zona de abastecimento	Lubango	
Data de receção da amostra	20-02-17 as 10h30	Localização	NASCENTES	
Data de início das análises	20-02-17 as 10h32'	Ponto de amostragem	NASCENTE DA ESTUFA	
Data da conclusão das amostras	20-02-17 as 13h30'	Ponto de colheita	CAIXA COLECTORA	
Tipo de Controlo	I			
PARÂMETROS E RESULTADOS				
PARÂMETROS	RESULTADOS	UNIDADE	VALOR	NORMA ENSAIO/TÉCNICA
C. Elétrica a 21.6°C	17.02	Us/cm	2500	Eletrometria
Dureza total	20	mg/l CaCO ₃	500	Titulação
Amónio	0.0	mg/l NH ₄	0.50	Fotometria

Cloretos	13.4	mg/l Cl		Fotometria
Manganês	0.015	mg/l Mn	0.5	Fotometria
Ferro	0.2	mg/l Fe	0.3	Fotometria
Sulfatos	1.0	mg/l SO ₄	250	Fotometria
Nitratos	2.8	mg/l NO ₃	50	Fotometria
pH	5.07	Escala	6.5 a 9.0	Eletrometria
Sólidos Dissolvidos totais	8.5	mg/l	1000	Eletrometria
Temperatura	21.6	°C		Termometria
Turvação	0.86	NTU	5	Nefelometria

Avaliação: Os parâmetros físicos/químicos ensaiados, mostram tratar-se de uma água com indicadores normais para o consumo humano. Não obstante apresentarem um pH ligeiramente baixo.

Lubango aos 20 de Fevereiro de 2017

Responsável do laboratório: José Cangundo R. Bumba

Eng. Químico

TUNDAVALA

Tabela 22 - Boletim de registo laboratorial da Tundavala

LABORATÓRIO PROVINCIAL DE CONTROLO DE QUALIDADE DE ÁGUA DA HUÍLA				
BOLETIM REGISTO LABORATORIAL N.º 12/17				
TIPO DE AMOSTRA	ÁGUA DA TUNDAVALA	DATA DE EMISSÃO	20-02-2017	
ENTIDADE GESTORA	DPEA			
Data e hora de colheita	20-02-17 9h05'			
Responsável da colheita	José Cangundo	Zona de abastecimento	Lubango	
Data de receção da amostra	20-02-17 as 10h30	Localização	NASCENTES	
Data de início das análises	20-02-17 as 10h32'	Ponto de amostragem	NASCENTE DA TUNDAVALA	
Data da conclusão das amostras	20-02-17 as 13h30'	Ponto de colheita	TORNEIRA DO JARDIM	
Tipo de Controlo	I			
PARÂMETROS E RESULTADOS				
PARÂMETROS	RESULTADOS	UNIDADE	VALOR	NORMA ENSAIO/TÉCNICA
C. Elétrica a 21.6°C	13.05	Us/cm	2500	Eletrometria
Dureza total	20	mg/l CaCO ₃	500	Titulação
Amónio	0.01	mg/l NH ₄	0.50	Fotometria
Cloretos	50.6	mg/l Cl		Fotometria

Manganês	0.008	mg/l Mn	0.5	Fotometria
Ferro	0.12	mg/l Fe	0.3	Fotometria
Sulfatos	6.0	mg/l SO ₄	250	Fotometria
Nitratos	1.9	mg/l NO ₃	50	Fotometria
pH	5.6	Escala	6.5 a 9.0	Eletrometria
Sólidos Dissolvidos totais	6.5	mg/l	1000	Eletrometria
Temperatura	21.2	°C		Termometria
Turvação	0.63	NTU	5	Nefelometria

Avaliação: Os parâmetros físicos/químicos ensaiados, mostram tratar-se de uma água com indicadores normais para o consumo humano. Não obstante apresentarem um pH ligeiramente baixo.

Lubango aos 20 de Fevereiro de 2017

Responsável do laboratório: José Cangundo R. Bumba

Eng. Químico

BOMBAGEM

Tabela 23 - Boletim de registo laboratorial da Bombagem

LABORATÓRIO PROVINCIAL DE CONTROLO DE QUALIDADE DE ÁGUA DA HUÍLA				
BOLETIM REGISTO LABORATORIAL N.º 12/17				
TIPO DE AMOSTRA	ÁGUA DA BOMBAGEM	DATA DE EMISSÃO	20-02-2017	
ENTIDADE GESTORA	DPEA			
Data e hora de colheita	20-02-17 9h3'			
Responsável da colheita	José Cangundo	Zona de abastecimento	Lubango	
Data de receção da amostra	20-02-17 as 10h30	Localização	NASCENTES	
Data de início das análises	20-02-17 as 10h32'	Ponto de amostragem	BOMBAGEM	
Data da conclusão das amostras	20-02-17 as 13h30'	Ponto de colheita	TORNEIRA DO JARDIM	
Tipo de Controlo	I			
PARÂMETROS E RESULTADOS				
PARÂMETROS	RESULTADOS	UNIDADE	VALOR	NORMA ENSAIO/TÉCNICA
C. Elétrica a 21.6°C	9.67	Us/cm	2500	Eletrometria
Dureza total	20	mg/l CaCO ₃	500	Titulação
Amónio	0.02	mg/l NH ₄	0.50	Fotometria
Cloretos	16.1	mg/l Cl		Fotometria

Manganês	0.029	mg/l Mn	0.5	Fotometria
Ferro	0.13	mg/l Fe	0.3	Fotometria
Sulfatos	0.0	mg/l SO4	250	Fotometria
Nitratos	4.2	mg/l NO3	50	Fotometria
pH	5.44	Escala	6.5 a 9.0	Eletrometria
Sólidos Dissolvidos totais	4.8	mg/l	1000	Eletrometria
Temperatura	25.4	°C		Termometria
Turvação	1.23	NTU	5	Nefelometria

Avaliação: Os parâmetros físicos/químicos ensaiados, mostram tratar-se de uma água com indicadores normais para o consumo humano. Não obstante apresentarem um pH ligeiramente baixo.

Lubango aos 20 de Fevereiro de 2017

Responsável do laboratório: José Cangundo R. Bumba

Eng. Químico

BULA MATADI

Tabela 24 - Boletim de registo laboratorial do Bula Matadi

LABORATÓRIO PROVINCIAL DE CONTROLO DE QUALIDADE DE ÁGUA DA HUÍLA				
BOLETIM REGISTO LABORATORIAL N.º 13/17				
TIPO DE AMOSTRA	ÁGUA DA BULA MATADI	DATA DE EMISSÃO	20-02-2017	
ENTIDADE GESTORA	DPEA			
Data e hora de colheita	13-03-17 9h05'			
Responsável da colheita	José Cangundo	Zona de abastecimento	Lubango	
Data de receção da amostra	13-03-17 as 10h30	Localização	Médio Sistema	
Data de início das análises	14-03-17 as 09h00	Ponto de amostragem	Bula Matadi	
Data da conclusão das amostras	14-03-17 as 13h30'	Ponto de colheita	Torneira	
Tipo de Controlo	I			
PARÂMETROS E RESULTADOS				
PARÂMETROS	RESULTADOS	UNIDADE	VALOR	NORMA ENSAIO/TÉCNICA
C. Elétrica a 21.6°C	388	Us/cm	2500	Eletrometria
Dureza total	140	mg/l CaCO ₃	500	Titulação
Amónio	0.0	mg/l NH ₄	0.50	Fotometria
Cloretos	92.7	mg/l Cl		Fotometria

Manganês	0.017	mg/l Mn	0.5	Fotometria
Ferro	0.02	mg/l Fe	0.3	Fotometria
Sulfatos	18	mg/l SO4	250	Fotometria
Nitratos	11.4	mg/l NO3	50	Fotometria
pH	6.73	Escala	6.5 a 9.0	Eletrometria
Sólidos Dissolvidos totais	194	mg/l	1000	Eletrometria
Temperatura	13.5	°C		Termometria
Turvação	0.60	NTU	5	Nefelometria

Avaliação: Os parâmetros físicos/químicos ensaiados, mostram tratar-se de uma água com indicadores normais para o consumo humano. Não obstante, deveram ser desinfetadas regularmente.

Lubango aos 14 de Março de 2017

Responsável do laboratório: José Cangundo R. Bumba

Eng. Químico

SISTEMA DA MITCHA

Tabela 25 - Boletim de registo laboratorial da Mitcha

LABORATÓRIO PROVINCIAL DE CONTROLO DE QUALIDADE DE ÁGUA DA HUÍLA				
BOLETIM REGISTO LABORATORIAL N.º 12/17				
TIPO DE AMOSTRA	ÁGUA DA MITCHA	DATA DE EMISSÃO	14-03-2017	
ENTIDADE GESTORA	DPEA			
Data e hora de colheita	13-03-17 9h29'			
Responsável da colheita	José Cangundo	Zona de abastecimento	Lubango	
Data de receção da amostra	13-03-17 as 10h30	Localização	MÉDIO SISTEMA	
Data de início das análises	14-03-17 as 09h00	Ponto de amostragem	SISTEMA DA MITCHA	
Data da conclusão das amostras	14-03-17 as 13h30'	Ponto de colheita	TORNEIRA	
Tipo de Controlo	I			
PARÂMETROS E RESULTADOS				
PARÂMETROS	RESULTADOS	UNIDADE	VALOR	NORMA ENSAIO/TÉCNICA
C. Elétrica	236	Us/cm	2500	Eletrometria
Dureza total	120	mg/l CaCO ₃	500	Titulação
Amónio	0.0	mg/l NH ₄	0.50	Fotometria
Cloretos	40.7	mg/l Cl		Fotometria

Manganês	0.013	mg/l Mn	0.5	Fotometria
Ferro	0.02	mg/l Fe	0.3	Fotometria
Sulfatos	10	mg/l SO4	250	Fotometria
Nitratos	6.8	mg/l NO3	50	Fotometria
pH	6.71	Escala	6.5 a 9.0	Eletrometria
Sólidos Dissolvidos totais	118	mg/l	1000	Eletrometria
Temperatura	13.3	°C		Termometria
Turvação	0.36	NTU	5	Nefelometria

Avaliação: Os parâmetros físicos/químicos ensaiados, mostram tratar-se de uma água com indicadores normais para o consumo humano. Não obstante, deverá ser desinfetada regularmente para garantir a sua qualidade microbiológica.

Lubango aos 14 de Março de 2017

Responsável do laboratório: José Cangundo R. Bumba

Eng. Químico

JOAQUIM KAPANGO

Tabela 26 - Boletim de registo laboratorial do sistema de Joaquim Kapango

LABORATÓRIO PROVINCIAL DE CONTROLO DE QUALIDADE DE ÁGUA DA HUÍLA				
BOLETIM REGISTO LABORATORIAL N.º 12/17				
TIPO DE AMOSTRA	ÁGUA J. KAPANGO	DATA DE EMISSÃO	14-03-2017	
ENTIDADE GESTORA	DPEA			
Data e hora de colheita	13-03-17 9h59'			
Responsável da colheita	José Cangundo	Zona de abastecimento	Lubango	
Data de receção da amostra	13-03-17 as 10h30	Localização	MÉDIO SISTEMA	
Data de início das análises	14-03-17 as 09h00	Ponto de amostragem	JOAQUIM KAPANGO	
Data da conclusão das amostras	14-03-17 as 13h30'	Ponto de colheita	TORNEIRA	
Tipo de Controlo	I			
PARÂMETROS E RESULTADOS				
PARÂMETROS	RESULTADOS	UNIDADE	VALOR	NORMA ENSAIO/TÉCNICA
C. Elétrica a 21.6°C	624	Us/cm	2500	Eletrometria
Dureza total	200	mg/l CaCO ₃	500	Titulação
Amónio	0.0	mg/l NH ₄	0.50	Fotometria
Cloretos	195	mg/l Cl		Fotometria

Manganês	0.011	mg/l Mn	0.5	Fotometria
Ferro	0.03	mg/l Fe	0.3	Fotometria
Sulfatos	9	mg/l SO ₄	250	Fotometria
Nitratos	12	mg/l NO ₃	50	Fotometria
pH	6.63	Escala	6.5 a 9.0	Eletrometria
Sólidos Dissolvidos totais	312	mg/l	1000	Eletrometria
Temperatura	13.4	°C		Termometria
Turvação	0.63	NTU	5	Nefelometria

Avaliação: Os parâmetros físicos/químicos ensaiados, mostram tratar-se de uma água com indicadores normais para o consumo humano. Não obstante, deverá ser desinfetada regularmente para garantir a sua qualidade microbiológica.

Lubango aos 14 de Março de 2017

Responsável do laboratório: José Cangundo R. Bumba

Eng. Químico

Dados dos arquivos do Laboratório de controlo de qualidade da nascente da Bombagem e sistema da Mitcha, referentes aos anos 2015 e 2016 disponibilizados para realização do estudo comparativo.

LABORATÓRIO PROVINCIAL DE CONTROLO DE QUALIDADE DE ÁGUA DA HUILA				
BOLETIM REGISTO LABORATORIAL N.º 30 / 16				
TIPO DE AMOSTRA	ÁGUA DA BOMBAGEM-1		DATA DE EMISSÃO	06/06/2015
ENTIDADE GESTORA/ CLIENTE	DPEA			
Data e hora da colheita	3/6/16 10:07		Zona de Abastecime	LUBANGO
Responsável colheita	JOSECANGUNDO		Localização	NASCENTE
Data de recepção da amostra	3/6/16 11:05		Ponto de Amostragem	BOMBAGEM-1
Data início das análises	3/6/16 11:10		Ponto de Colheita	TORNEIRA
Data conclusão das análises	3/6/16 12:15			
Tipo de Controlo	I			
PARÂMETROS E RESULTADOS				
PARÂMETRO	RESULTADO	UNIDADE	VALOR LIMITE	NORMA ENSAIO / TÉCNICA
Alcalinidade	10	mg/l CaCO ₃	25	Titulação
Cloro Residual Livre		mg/l Cl ₂	0,2 a 0,6	Colorimetria
Condutividade	12.2	µS/cm	2500	Electrometria
Dureza Total	20	mg/l CaCO ₃	500	Titulação
Temperatura	15.1	° C	-	Termometria
Turvação	0.52	NTU	5	Nefelometria
Avaliação:	TRATA-SE DE UMA ÁGUA COM INDICADORES NORMAIS PARA O CONSUMO HUMANO			
LUBANGO, AOS 06 DE JUNHO DE 2016				

Figura 39 – Dados da nascente da Bombagem referente ao ano 2015

LABORATÓRIO PROVINCIAL DE CONTROLO DE QUALIDADE DE ÁGUA DA HUILA				
BOLETIM REGISTO LABORATORIAL N.º 75/15				
TIPO DE AMOSTRA	ÁGUA DO S.MITCHA Z-3		DATA DE EMISSÃO	29/11/2015
ENTIDADE GESTORA	DPA			
Data e hora da colheita	29/11/15 9:02		Zona de Abastecimento	LUBANGO
Responsável colheita	JOSÉ CANGUNDO		Localização	M.SISTEMAS
Data de recepção	29/11/15 10:25		Ponto de Amostragem	B.MITCHA Z-3
Data início das análises	29/11/15 10:30		Ponto de Colheita	TORN. CHAFRIZ
Data de conclusão	29/11/15 12:35			
Tipo de Controlo	R			

PARÂMETROS E RESULTADOS				
PARÂMETRO	RESULTADO	UNIDADE	VALOR LIMITE	NORMA ENSAIO / TÉCNICA
Alcalinidade		mg/l CaCO ₃	25	Titulação
Cloro Residual Livre	0.0	mg/l Cl ₂	0,2 a 0,6	Colorimetria
Condutividade	419	µS/cm	2500	Electrometria
Dureza Total	160	mg/l CaCO ₃	500	Titulação
pH	6.6	Escala Sorenson	6,5 a 9,0	Electrometria
Sólidos Dissolvidos Totais	209.5	mg/l	1000	Electrometria
Temperatura	22.8	° C	-	Termometria
Turvação	1.5	NTU	5	Nefelometria

Avaliação: OS PARÂMETROS ENSAIADOS, MOSTRAM TRATAR-SE DE UMA ÁGUA COM INDICADORES NORMAIS PARA O CONSUMO PARA O CONSUMO HUMANO.

LUBANGO, AOS 29 DE NOVEMBRO DE 2015

Responsável do Laboratório: José Cangundo R. Bumba
Eng. Químico

Figura 41 - Dados do sistema da Mitcha referente ao ano de 2015

TIPO DE AMOSTRA	ÁGUA DO FURO		
ENTIDADE GESTORA/ CI	AFONSO. M. SILVA		DATA DE EMISSÃO 09/09/2016
Data e hora da colheita	08/09/2016 14.30:00:00		
Responsável colheita	AFONSO M. SILVA		
Data de recepção da amostra	8/9/16 14:47		
Data início das análises	8/9/16 15:25		
Data conclusão das análises	8/9/16 15:55		
Tipo de Controlo	I		
Zona de Abastecimento	LUBANGO		
Localização	B.MITCHA		
Ponto de Amostragem	FURO		
Ponto de Colheita	FURO		

PARAMETROS E RESULTADOS

PARAMETRO	RESULTA	UNIDADE	VALOR LI	FORMA ENSAIO / TECN
Alcalinidade	25	mg/l CaCO ₃	25	Titulação
Cloro Residual Livre	0.0	36 mg/l Cl ₂	0,2 a 0,6	Colorimetria
Condutividade	496	µS/cm	2500	Electrometria
Dureza Total	160	mg/l CaCO ₃	500	Titulação
Amónio	0.01	mg/l NH ₄	0,50	Fotometria
Alumínio	0.02	mg/l Al	0.3	Fotometria
Ferro	0.2	mg/l Fe	0,3	Fotometria
Nitratos	3.2	mg/l NO ₃	50	Fotometria
pH	6.8	Escala Saprop	6,5 a 9,0	Electrometria
Sólidos Dissolvidos Totais	248	mg/l	1000	Electrometria
Temperatura	25.7	° C	-	Termometria
Turvação	0.74	NTU	5	Nefelometria

Avaliação: OS PARÂMETROS ENSAIADOS, MOSTRAM TRATAR-SE DE UMA ÁGUA COM INDICADORES NORMAIS PARA O CONSUMO DEBENDO PORÉM SER DESINFECTADA REGULARMENTE

Figura 42 - Dados do sistema da Mitcha referente ao ano de 2016