

Dedicatória

Aos meus Pais e aos meus filhos pela paciência constante na minha ausência, nos momentos difíceis e cruciais desta batalha.

“ Água, água, em todos os lugares,

E nem uma gota para beber. ”

Samuel Taylor Coleridge

Agradecimentos

Agradeço sobretudo a Deus Pai todo – poderoso criador do Céus e da terra. Os meus sinceros agradecimentos à minha família, toda ela mas especialmente a minha mãe Ruth Canjila Epalanga e meu tio Artur Capinganã, aos meus filhos Ataíde Gamer Epalanga Matias e a Vilvânia Nassusso Epalanga Matias, ao meu esposo, Altino Alegria Essuvi Matias, aos meus irmãos, Madrinhas, Padrinhos, amigos e amigas, tias, e cunhados, por me apoiarem incondicionalmente e consentirem na minha decisão.

Exprimo a minha gratidão à Doutora Maria Manuela da Vinha Guerreiro da Silva, orientadora, à Doutora Marina Marques Silva Cabral Pinto, co-orientadora pela orientação e dedicação.

Gostaria de realçar que sem as pessoas a cima citadas, com certeza absoluta o trabalho não teria saído. Estou igualmente grato aos Doutores professores do Mestrado em geral pelo seu empenho e incentivo moral, foi um prazer trabalhar com estas pessoas. Agradeço ao DCT ao apoio material para a realização desta dissertação.

Resumo

A região onde decorreu este estudo, a região de Lobito, está localizada na costa centro-oeste de Angola possui clima quente semi-árido, com precipitação anual menor que 200 mm, mas com teores de humidade superiores a 75%. As rochas aflorantes são os calcários e margas do Albiano, a norte do Lobito, e as areias e argilas do Delta do Catumbela de idade quaternária, a sul. No aquífero cársico do Albiano existem nascentes permanentes cuja água é usada pela população local para consumo e banhos e a água da nascente do Jomba foi antigamente comercializada. No aquífero do delta do Catumbela existem furos que são para rega, consumo humano e banhos. As águas destes furos exalam cheiro a ácido sulfídrico.

Neste estudo pretendeu-se determinar as características físico-químicas e químicas das águas dos dois aquíferos, para identificar as possíveis diferenças existentes. Foi feita uma amostragem de 5 pontos de água em cada aquífero, número condicionado por razões de acesso e autorização de proprietários. As diferenças existentes foram testadas com auxílio da estatística e foram explicadas em função das características dos locais de amostragem. A qualidade da água foi também averiguada por comparação com os valores indicados pela OMS e pela Lei Portuguesa. Tentou-se encontrar relação entre as características da água e alguns problemas de saúde pública, identificados com inquéritos que foram feitos a 30 consumidores da água de cada um dos aquíferos.

A água do aquífero cársico possui tendência para ter valores de pH, alcalinidade, condutividade elétrica e teores de Mg mais elevados do que a água do aquífero do delta. As exceções podem ser explicadas pelo facto de as amostras deste aquífero estarem a diferentes distâncias ao mar. Não foram encontrados amónia ou nitritos nas águas amostradas. Nitratos só foram detetados no aquífero cársico e um ponto de água está contaminado em nitratos. No aquífero do delta devido aos valores redutores de ORP os processos de desnitrificação reduziram estes compostos de nitrogénio a nitrogénio elementar.

Os valores da condutividade elétrica específica excedem, nalgumas amostras de ambos os aquíferos, o valor de 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ referido no Decreto Lei 306/2007 da água para o consumo humano e todas as amostras do aquífero cársico e uma do aquífero

do delta são impróprias para rega, devido aos seus altos valores de TDS, pelo que o seu uso leva à salinização dos solos. Os teores de fosfatos nas águas analisadas são na maioria superiores a 0,4 mg/L, indiciando contaminação em fosfato. As águas analisadas não estão contaminadas em Fe, Cr(VI), Zn e Cu.

No município de Catumbela encontrou-se uma elevada percentagem de pessoas com alergias e problemas de visão, tendo-se verificado uma alta percentagem de residentes com transplante de córnea (17%). Simultaneamente verificou-se a existência de Cr hexavalente nas águas analisadas, mas em baixos teores. Estas pessoas consomem a água do aquífero do delta e regam os seus produtos agrícolas com ela.

As águas do rio Catumbela analisadas por Tchikwala (2010), estão contaminadas em Cr(VI), no troço em que o rio atravessa o seu delta. É conhecida a relação entre a exposição, consumo e inalação de Cr(VI) e as doenças referidas. Assim, parece ter-se encontrado aqui esta relação, que carece de um estudo mais aprofundado.

Em ambas as regiões em estudo verificou-se elevada percentagem de inquiridos com problemas renais. A dureza das águas analisadas poderá ser a causa deste problema, mas não são de excluir doenças profissionais na sua origem.

Palavras-Chaves: Água subterrânea; composição química da água; parâmetros físicos-químicos; saúde pública; Lobito-Angola.

Abstract

Lobito region is located in the central-west coast of Angola, has an hot semi-arid climate, with annual precipitation lower than 200 mm, but the air humidity is higher than 75%. The outcropping rocks in the north of the study area (Lobito) are limestones and marls of Albian age and in the south (Catumbela) they are sands and clays belonging to the Catumbela River delta. In the karst aquifer there are permanent springs used by local population for consumption and bath and water from the Jomba spring was commercialized in the past. In the delta aquifer there are wells used by the local population for irrigation, consumption and bath. These waters have hydrogen sulphide.

In this study the determination of the physical-chemical and some chemical characteristics of water was done in both aquifers to identify possible differences. Five samples were collect in both aquifers; their location was conditioned by access and owners authorizations. The differences were tested with statistic and can be explained according the characteristics of the sampling points. Water quality was assessed by comparing with WHO guidelines and Portuguese Law. We also tried to find a relation between the physical-chemical and chemical characteristics of water and some public health problems, which were identified with inquiries that have been made to 30 consumers of water from each aquifer.

Water from the karst aquifer has a tendency to have higher values of pH, alkalinity, electrical conductivity and Mg content than water from the delta aquifer. The exceptions can be explained by the fact that samples of this aquifer are at different distances from the sea. Ammonia and nitrites were not detected in the sampled waters. Nitrates were detected only in the water from the karts aquifer and in one sampling point the water is contaminated by nitrates. In the delta aquifer the desnitrification process reduced the nitrogen compounds to elemental nitrogen because the ORP values indicate reducing conditions.

The electrical conductivity values exceed, in some samples from both aquifers, the value of 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicated by the Portuguese law for human consumption and all water samples from the karst aquifer and one from the delta aquifer should not be used to irrigation due to its high TDS value, which causes soil salinization. In most analyzed waters phosphate contents are higher than 0.4 mg/L, indicating phosphate contamination. The analyzed waters are not contaminated in Fe, Cr (VI), Zn and Cu.

In Catumbela municipality a high percentage of people with allergies and eye problems was found and 17% of them had a corneal transplantation. Hexavalent chromium was detected in the waters from the delta aquifer, although the contents are low. These people consume and irrigate their agricultural products with this water.

Catumbela River waters analyzed by Tchikwala (2010) are contaminated in Cr(VI) specially were the river cross its delta. The relation between the exposition, consumption and inhalation of Cr(VI) with eye problems is known. So it seems that this relation was found in this region and a more studies are necessary.

In both regions under study there is an high percentage of inquired people which have kidney problems. The hardness of the water may cause this problem, but can not be excluded occupational diseases as their source.

Key-words: Chemical composition of water; physical-chemical parameters; public health, underground water: Lobito-Angola.

Índice Geral

Resumo	iii
Abstract	v
Índice Geral	vii
Índice de Figuras	ix
Índice de Tabelas.....	x
1. Introdução	1
1.1. Fundamentação e objetivo	1
1.2. Água subterrânea.....	2
1.3. A água subterrânea como recurso geológico	6
1.4. Água, bem-estar e saúde pública	7
1.5. Estruturação do trabalho	8
2. Enquadramento regional da área de estudo	10
2.1. Enquadramento Geográfico.....	10
2.2. Enquadramento Geomorfológico	12
2.3. Enquadramento geológico	14
2.4. Enquadramento climático e hidrogeológico	16
3. Metodologia	18
3.1. Amostragem dos pontos de água	18
3.2. Análise das águas <i>in situ</i>	22
3.3. Determinação dos erros nas análises <i>in situ</i>	23
3.4. Análises das águas no laboratório	23
4. Resultados	25
4.1 Parâmetros físico-químicos das amostras	25
4.2. Comparação entre os dois tipos de água analisadas	30
5. Discussão e avaliação de impactos	33
5.1. Avaliação da qualidade - legislação.....	33
5.2. Temperatura	34
5.2. pH.....	34
5.3. Oxigénio Dissolvido	36
5.4. Condutividade elétrica e Total dos Sólidos Dissolvidos	36

5.5. Composto de Nitrogénio (Nitratos, Nitritos e Amónia)	37
5.6. Fosfato	38
5.7. Ferro	39
5.8. Crómio, Zinco e Cobre.....	40
6. Composição das águas e saúde pública	43
7. Conclusões	47
8. Referências Bibliográficas	49
Anexo I	52
Anexo 2	55

Índice de Figuras

Figura 1 – Distribuição da água no subsolo (Maria & Sibebe, 2008).	4
Figura 2 - Localização da cidade de Lobito no mapa de Angola. Extraído de http://www.angolaglobal.net/en/about-angola/provinces-of-angola/	11
Figura 3 - Representação esquemática das unidades geomorfológicas de Angola (González e Francisco, 1982). Símbolos: 1- Faixa Litoral; 2- Zona de transição; 3- Cadeia Marginal de Montanhas; 4- Depressão de Cassange; 5- Maciço do Alto Zambeze; 6- Zona planáltica; 7- escarpa com desnível > a 200m.....	13
Fig. 4 – Excerto da Carta Geológica de Angola, Folha 227-228, Lobito, à escala 1: 100 000, com representação da região de Lobito-Catumbela (Galvão e Portugal, 1971), com modificações. 15	
Figura 5 - Imagem retirada do Google Earth com os pontos de amostragem no aquífero cársico do Albiano (pontos 1 a 5) e no aquífero terrígeno do delta da Catumbela (pontos 6 a 10).	19
Figura 6 - a) Ponto 1: lago usado para banho pela população que aí reside; b) Ponto 2- Mina do Jomba: local usado antigamente para comercialização de água mineral; c) Talude do canhão fluvial onde se localiza o ponto 4; d) Ponto 5: lago é utilizado pelas crianças para nadarem....	20
Figura 7: a) Fóssil de amonite no ponto 1; b) furo usado para rega	21
Figura 8 – Judith a fazer as análises químicas com fotómetro de bancada de marca Hanna modelo HI83200.....	24
Figura 9 - Variação dos parâmetros físicos – químicos das águas no aquífero Cársico do Cretácico e no aquífero terrígeno do delta da Catumbela.	28
Figura 10 - Variação dos teores de espécies químicas das águas no aquífero Cársico do Cretácico e no aquífero terrígeno do delta da Catumbela.	29
Figura 11 – Variação do pH função da temperatura nas amostras de água estudadas no aquífero cársico (quadrados) e no aquífero do delta (losangos).....	34
Figura 12 – Diagrama Eh-pH das águas analisadas. Modificado de Colombo et al. (2008). Símbolos: triângulo- aquífero cársico; quadrado- aquífero no delta.....	35
Figura 13 – Variação do ferro dissolvido e do ORP nas amostras de água estudadas no aquífero cársico (quadrados) e no aquífero do delta (losangos).	40
Fig. 14- Diagrama Eh-pH para as espécies de Cr (GSJ, 2005). Símbolos: losangos- amostras do aquífero cársico; quadrados- amostras do aquífero do delta.	41

Índice de Tabelas.

Tabela 1- Porosidade e permeabilidade de tipos de aquíferos (Press et al., 2006).	1
Tabela 2 - Localização dos pontos de amostragem.	2
Tabela 3 - Cálculos dos erros na determinação dos parâmetros físico-químicos.	3
Tabela 4 - Valores dos parâmetros físico-químicos e teores de algumas espécies químicas das águas amostradas.	4
Tabela 5 - Valores da média e do desvio padrão dos parâmetros analisadas nas águas dos dois aquíferos.	5
Tabela 6 – Resultados dos testes estatísticos aplicados para comparação entre os dois tipos de água.	6
Tabela 7 - Valor legislados para alguns parâmetros físico-químicos e químicos de águas.	7
Tabela 8 - Representa os problemas de saúde atuais que detetamos na área de estudo.	8

1. Introdução

1.1. Fundamentação e objetivo

A ideia do tema surge dos seguintes factos:

- A existência de nascentes de águas minerais pode constituir um fator de desenvolvimento social.
- As águas minerais podem ser usadas para consumo ou, sendo mineromedicinais, para promoção da qualidade da saúde pública.
- A água mineral é um recurso geológico que pode ser explorado tanto para o consumo como para promover atividades turísticas.
- A existência de uma rica hidrografia subterrânea com viabilidade de ser explorada
- A qualidade e quantidade de água constituem fatores determinantes para o sucesso na agricultura bem como para a criação de gado.
- Na região a norte de Lobito existir uma nascente, a Fonte do Jomba que constituía um local de atração turística nesta região e no qual se fazia engarrafamento de água.

Para a realização deste trabalho foi necessário traçar alguns objetivos gerais como:

- Caracterizar as águas subterrâneas na região de Lobito distinguindo os dois tipos de aquíferos que aí existem, o aquífero no delta da Catumbela e o aquífero nas formações carbonatadas do Albiano.
- Avaliar a qualidade química das águas nos dois aquíferos na região do Lobito, Angola, comparando com os valores publicados pela Legislação Portuguesa e pela Organização Mundial de saúde (OMS ou WHO).
- Encontrar possíveis diferenças na composição e qualidade da água dois tipos de aquíferos.

- Tentar relacionar a qualidade da água com a saúde pública

Portanto vai realizar-se um trabalho que tem aplicabilidade para a comunidade, que vai descrever as características físico-químicas e químicas das águas subterrâneas da região de Lobito, realizando trabalho laboratorial e trabalho de campo, com recolha de dados tanto no campo como no laboratório sendo esses dados qualitativos e quantitativos. Vão também recolher-se dados qualitativos para fazer uma caracterização genérica dos problemas de saúde básica das populações que consomem estas águas.

Os objetivos específicos destes trabalhos serão:

- ❖ Identificar os locais de amostragem tendo em conta os dois aquíferos.
- ❖ Determinar os parâmetros físico-químicos das águas, *in situ*, nos dois aquíferos;
- ❖ Determinar alguns teores de espécies químicas nas águas nos dois aquíferos.
- ❖ Comparar as características das águas nos dois aquíferos e avaliar os respetivos impactos.
- ❖ Caracterização genérica dos problemas de saúde básica da população consumidora destas águas.
- ❖ Tira as conclusões sobre o estudo efetuado.

1.2. Água subterrânea

A água subterrânea natural existente na Terra tem origem no ciclo hidrológico ou ciclo da água, isto é, no ciclo pelo qual a água circula dos oceanos para atmosfera, desta para os continentes, de onde retorna, aos oceanos, por escorrência superficial e subterrânea (Filho, 2000). Esse ciclo é governado essencialmente pela energia solar e pela gravidade. Dependendo do clima e

também do tipo e densidade da cobertura vegetal, que são um reflexo dele, a importância dos vários componentes do ciclo varia de região para região.

A água subterrânea forma-se quando as gotas de água de chuva se infiltram no solo e em outros materiais superficiais não consolidados, penetrando em fendas e poros do substrato rochoso. É extraída pela perfuração de poços e bombeamento para a superfície ou pode aflorar em nascentes.

A água que existe abaixo da superfície do terreno circula nos espaços vazios, denominados poros, existentes entre os grãos que formam os solos e as rochas sedimentares. Em alguns tipos de rocha, a água circula através de fraturas, que são porções onde as rochas se rompem devido à movimentação da crosta terrestre. Ao se infiltrar no solo, a água da chuva passa por uma porção terrestre chamada de zona não saturada ou zona de aeração, onde os poros são preenchidos parcialmente por água e por ar.

Parte da água infiltrada no solo é absorvida pelas raízes das plantas e por outros seres vivos ou evapora e volta para a atmosfera. O restante da água, por ação da gravidade, continua em movimentação descendente (Fig. 1). No seu percurso, o excedente de água acumula – se em zonas mais profundas, preenchendo os poros e formando a zona saturada (Iritani & Ezaki, 2008).

Aquíferos são reservatórios subterrâneos de água, caracterizados por camadas ou formações geológicas suficientemente permeáveis, capazes de armazenar o transmitir água em quantidade que possam ser aproveitadas como fonte de abastecimento para diferentes fins (Iritani & Ezaki, 2008). Ou seja um aquífero é uma unidade geológica saturada que alimenta nascentes, lagos, rios e oceanos e de onde pode ser extraída água em quantidade suficiente através de poços ou foros.

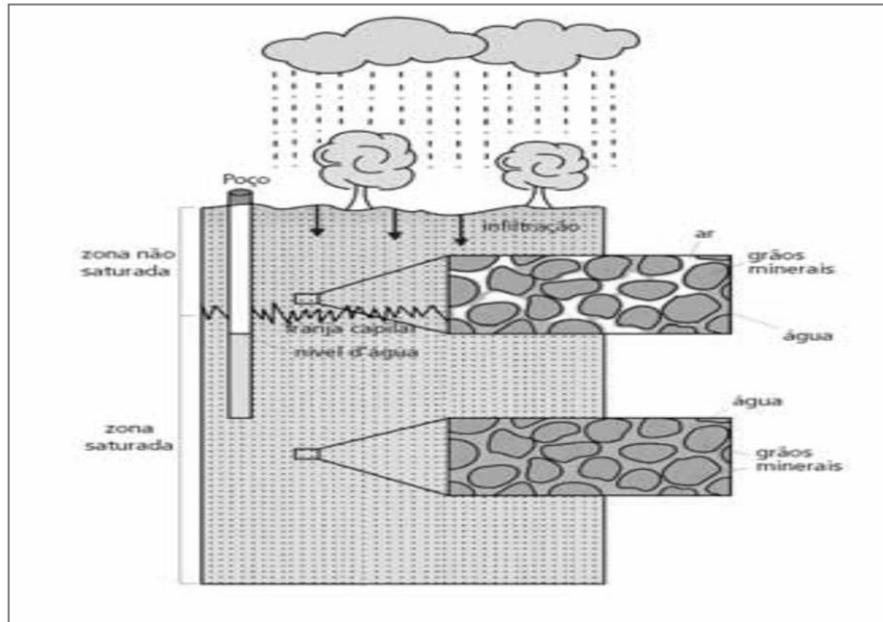


Figura 1 – Distribuição da água no subsolo (Maria & Sibebe, 2008).

Os aquíferos são classificados quanto ao tipo de rocha armazenadora em:

- Aquíferos porosos - apresentam poros por onde a água circula e permanece, temporariamente, armazenada nos espaços vazios entre os grãos. As formações geológicas são solos, sedimentos não consolidados e rochas sedimentares (arenitos, conglomerados, siltitos). Representam o grupo de aquíferos mais importantes, devido ao grande volume de água que armazenam e também por serem encontrados em muitas áreas.
- Aquíferos fraturados e fissurados - a água circula através de fraturas ou pequenas fissuras, abertas. As formações geológicas são rochas ígneas e metamórficas (gabros, granitos, basaltos, xistos, milonitos, piroclásticas, gneisses, filões e quartzo etc.).
- Aquíferos cársticos - a água circula em condutas e canais que resultam do alargamento de diáclase por dissolução. As formações geológicas são rochas carbonatadas.

O espaço disponível para a água subterrânea é aquele dos poros entre os grãos e as fendas. Todos os tipos de rocha e solos têm poros, mesmo que sejam pequenos e poucos. Porém, grande quantidade de espaços porosos são mais frequentes em arenitos e calcários.

A porosidade e a permeabilidade são propriedades físicas das formações geológicas que controlam a quantidade e o movimento das águas subterrâneas. A porosidade total de uma rocha é a relação percentual entre o volume dos espaços vazios e o volume da rocha. Uma parte da água que ocupa os poros da rocha é retida pelas forças de tensão superficial e de atração molecular, pelo que nem toda a água existente nos poros pode ser extraída. Define-se assim a porosidade efetiva como a razão entre o volume de água libertado de uma amostra porosa saturadas e o volume total (Cabral, 2000).

A porosidade nos aquíferos porosos depende do tamanho das partículas, da calibragem, da forma dos grãos e de como eles estão conjuntamente empacotados. Quanto mais aberto empacotamento das partículas, maior o espaço dos poros entre os grãos. Quanto mais variadas as formas e os tamanhos das partículas, mais firmemente as partículas se ajustam, reduzindo a porosidade. O cimento que agrega as partículas também reduz a porosidade.

A porosidade é mais alta em sedimentos e rochas sedimentares (10 – 40%) do que em rochas ígneas e metamórficas (até 1 – 2%). As maiores porosidades são encontradas em solos e camadas de areia e cascalho soltos (Press et al., 2006). A porosidade em calcários é muito variável, dependendo do seu grau de dissolução, ou seja da meteorização.

A permeabilidade é a capacidade das formações geológicas de se deixar atravessar por um fluido, neste caso a água. Tanto a porosidade como a permeabilidade são fatores importantes quando se está procurando um reservatório de água subterrânea porque o armazenamento e a circulação dependem delas.

Em geral, um bom reservatório de água subterrânea é um corpo de rocha, sedimento ou solo com alta porosidade (de modo que possa reter grande quantidade de água) e alta permeabilidade (de modo que a água possa ser bombeada dele mais facilmente). Uma rocha com alta porosidade, mas baixa permeabilidade, por exemplo uma argila (Tabela 1), pode conter água em quantidade considerável, mas como esta flui muito lentamente torna – se difícil bombeá-la da rocha (Press et al., 2006) e portanto não constitui um bom aquífero.

Tabela 1. Porosidade e permeabilidade de tipos de aquíferos (Press et al., 2006)

Tipo de rocha	Porosidade (espaço poroso que pode reter fluido)	Permeabilidade (propriedade que permite que um fluido atravesse o meio)
Cascalho	Muito alta	Muito alta
Areia grossa a média	Alta	Alta
Areia fina e silte	Moderada	Moderada a baixa
Arenito, moderadamente cimentado	Moderada a baixa	Baixa
Xisto argiloso fraturado ou rochas metamórficas	Baixa	Muito baixa
Xisto argiloso não – fraturado	Muito baixa	Muito baixa

1.3. A água subterrânea como recurso geológico

Quando se pretende avaliar o recurso águas subterrâneas é importante ter em conta aspetos quantitativos e qualitativos. Os aspetos qualitativos porque a qualidade da água subterrânea está relacionada tanto com características físico-químicas e geológicas do aquífero bem como a sua vulnerabilidade às contaminações externas.

A água deve ter qualidade para poder ser usada para vários fins. A disponibilidade dos recursos hídricos para determinados tipos de uso depende fundamentalmente da qualidade físico-química, biológica e radiológica da água (Santos, 2000). Há assim parâmetros físicos, químicos, radiológicos e biológicos, estabelecidos por Lei, que permitem determinar a qualidade da água com vista a um determinado uso, que pode ser consumo, irrigação, piscicultura, atividades balneares.

Os aspetos quantitativos têm a ver com a quantidade da água existente no aquífero. Este recurso só será explorado se existir em quantidade suficiente. Do ponto de vista hidrológico a quantidade da água subterrânea é tão importante quanto o aspeto quantitativo.

1.4. Água, bem-estar e saúde pública

A água existe em abundância no planeta, mas só uma pequena parte é água doce e desta uma reduzida parte é potável. A água tem composição química variável e os sais que possui resultam do contato com o solo. Pode também ser contaminada ou poluída. A sua mineralização pode condicionar a nossa saúde.

Para caracterizar a água são determinados diversos parâmetros, os quais representam as suas características físicas, químicas, radiológicas e biológicas. Esses parâmetros são indicadores da qualidade da água e indicam contaminação ou poluição quando alcançam valores superiores aos estabelecidos por Lei.

A água é utilizada para vários fins e deve estar disponível para a vida, saúde e bem-estar das pessoas, como beber, cozinhar, higiene pessoal e outros consumos domésticos. Também é utilizado para consumo público como escolas, hospitais, comércio e serviços, bombeiros, jardins, lavagem de ruas e outros serviços urbanos.

A água é um recurso fundamental para existência da vida, na forma que nós conhecemos. Foi nela que a vida floresceu, e seria difícil imaginar a existência

sem este recurso vital. Apesar disso, muitas localidades em Angola ainda não têm acesso a quantidades de água, com características de potabilidade adequadas às necessidades do consumo humano.

A água tem sido um bem extremamente importante para o homem desde a descoberta de que a produção de alimentos dependia da oferta de água usada no cultivo e devemos lembrar que um dos grandes avanços em ganhos de saúde e na esperança da vida atual se deve ao investimento público na rede de saneamento e no fornecimento de água potável em quantidade suficiente às populações.

A água como é do senso comum, é um bem essencial à vida. Participa em várias reações bioquímicas no metabolismo animal e vegetal, condicionando o seu bem-estar. Existe várias doenças que se devem à ingestão de água não potável destacando-se a diarreia, a cólera, os parasitas intestinais, febre tifoide, e hepatite A e B e outras doenças. Além destas doenças que resultam muitas vezes da baixa qualidade bacteriológica das águas há outras que afetam populações e que são devidas ao facto da água possuir dissolvidos elementos químicos tóxicos, com teores acima dos considerados benignos pela Organização Mundial de Saúde (OMS-WHO).

1.5. Estruturação do trabalho

O trabalho é composto por oito capítulos e anexos:

No primeiro capítulo faz-se a Introdução ao trabalho de tese, onde tratarei, os objetivos gerais e específicos que constituíram a linha de conduta da investigação e a fundamentação teórica;

No segundo capítulo efetua-se uma caracterização geográfica, geológica, geomorfológica, climática e hidrográfica da área em estudo;

No terceiro capítulo descreve-se a metodologia de amostragem e analítica;

No quarto capítulo tratarei dos resultados obtidos neste trabalho;

No quinto capítulo faz-se a discussão e avaliação de impactos;

No sexto capítulo farei uma abordagem ao tema composição das águas e saúde pública, apresentando resultados de inquéritos e a sua discussão;

No sétimo capítulo serão apresentadas as conclusões da dissertação;

No oitavo capítulo será apresentada a bibliografia consultada.

2. Enquadramento regional da área de estudo

2.1. Enquadramento Geográfico

A região em estudo está inserida nos Municípios do Lobito e Catumbela, localiza-se na região Centro - Oeste do território angolano. Estes municípios têm uma extensão de 3.685 km² e representam cerca de 9,25% do território da Província de Benguela. Distam cerca de 540 km da capital do país e cerca de 30 e 20 km de Benguela, sede da Província. A Província de Benguela, que está limitada a norte pela Província do Quanza Sul, a este pela Província do Huambo, a sudeste pela Província da Huíla, su-sudoeste pela Província do Namibe e a Oeste pelo Oceano Atlântico (Fig. 2).

A zona costeira do Município do Lobito apresenta, também, o porto natural mais importante de Angola, o Porto do Lobito, que é segundo porto de carga do país. Os caminhos-de-ferro de Benguela (CFB) começam no porto do Lobito e fazem ligação com a costa oriental de África (Passasi et al. 2012).

Pelas razões apontadas, o Lobito tornou – se um dos grandes destinos das populações migratórias de outros pontos do país, bem como de exterior. Esta situação tem condicionado o crescimento demográfico e, conseqüentemente, tem levado ao alargamento da cidade de forma desordenada, trazendo consigo uma vasta gama de problemas sociais, infra-estruturais, de saúde pública, de ordenamento do território e ambientais.

Nas últimas décadas, o Município do Lobito recebe com frequência visitas de excursionistas de âmbito académico, turístico e lúdico, devido ao seu notável potencial paisagístico e importância económica desde tempos recuados (Passasi et al. 2012). O município comporta uma série de atrativos e é um importante centro económico da Província de Benguela, em particular, e do país de um modo geral. Destacam-se as vastas praias com águas cálidas, ideais para banhos de mar e outras atividades lúdicas relacionadas.



Figura 2 - Localização da cidade de Lobito no mapa de Angola. Extraído de <http://www.angolaglobal.net/en/about-angola/provinces-of-angola/>

O Município da Catumbela é novo foi criado pelo Decreto nº 32/11 de Outubro e publicado 06 de Dezembro de 2011, é um importante centro agrícola, piscatório e industrial, de entroncamento ferroviário e nele está localizado o Aeroporto Internacional de Catumbela, que serve a cidade de Benguela. Possui também património arquitetónico industrial, que contudo está em ruínas. O Município da Catumbela apresenta um desenvolvimento económico muito recente, pois localiza-se entre as duas maiores cidades da Província, Lobito e Benguela. É neste município que se localizam as maiores captações de água da província (Quinzeca, 2012).

2.2. Enquadramento Geomorfológico

O território de Angola devido à sua extensão, localização na região tropical e influência dos rios que o atravessam, apresenta uma Geomorfologia variada. O relevo é caracterizado por planaltos no interior que descem gradualmente para o oceano Atlântico em escadaria. De um modo geral, segundo Sabino (2008) distinguem-se quatro grandes zonas a partir do ocidente (Fig. 3):

- A zona litoral estende-se ao longo de toda a costa angolana; é relativamente estreita, com uma largura que varia entre algumas dezenas de metros a centenas de quilómetros (por exemplo na parte final da bacia do Quanza onde atinge perto de 200 km). Nesta faixa, a sul, destaca-se o deserto do Namibe, onde o vento e as grandes variações térmicas constituem os principais agentes externos de transformação do relevo.
- A zona de transição ou zona subplanáltica possui um relevo muito mais diferenciado, com colinas e montanhas e nela afloram essencialmente rochas metamórficas de idade pré-câmbrica.
- A zona de cadeia marginal de montanhas, é constituída por uma série de elevações montanhosas que atingem altitudes superiores a 2000 m.
- A zona planáltica, que ocupa grande parte do território nacional, encontra-se na região central do país e nela afloram essencialmente rochas graníticas.

A área em estudo localiza-se na faixa litoral de Angola (Fig. 3) que é caracterizada por altitudes que vão até aos 400m e nela afloram rochas sedimentares cujas idades vão de Quaternário até a base do Apciano. A faixa litoral contacta com a zona de transição, por uma escarpa de falha, que tem um desnível superior a 200 m.

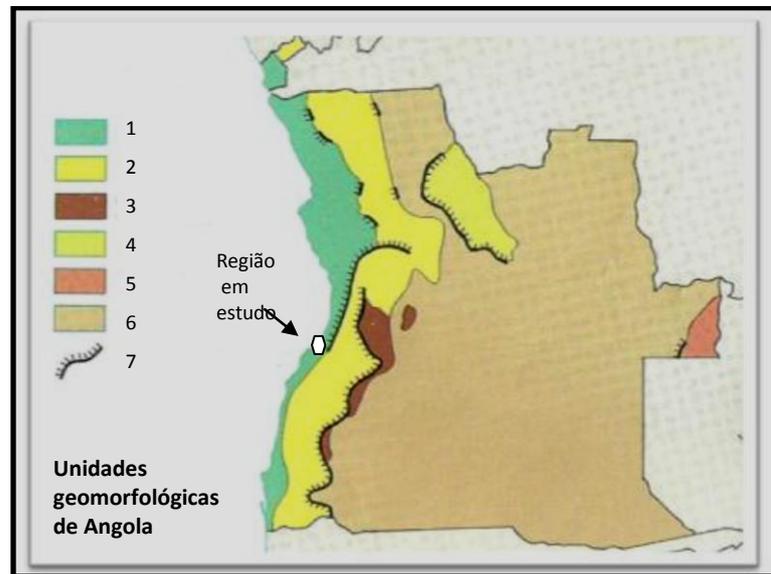


Figura 3 - Representação esquemática das unidades geomorfológicas de Angola (González e Francisco, 1982). Símbolos: 1- Faixa Litoral; 2- Zona de transição; 3- Cadeia Marginal de Montanhas; 4- Depressão de Cassange; 5- Maciço do Alto Zambeze; 6- Zona planáltica; 7- escarpa com desnível > a 200m.

A planície costeira onde se depositaram sedimentos aluvionares e de praia está separada das formações carbonatadas do Albiano por uma escarpa que começa no Lobito e se prolonga até Catumbela. A plataforma calcária, que no Lobito possui uma latitude de cerca de 100m vai subindo gradualmente para a cerca de 156m de altitude, onde nova escarpa coloca as formações cretácicas a cerca de 300 m de altitude (Galvão & Silva, 1972).

Na região em estudo predominam as planícies e também algumas colinas, sendo o relevo de características planas, com altitudes inferiores a 50 m ou ainda mais baixas na região do delta de Catumbela. O litoral do Lobito compreende também a zona que fica abaixo do nível do mar, até cerca de 50 metros de profundidade, onde o efeito das ondas ainda se faz sentir.

2.3. Enquadramento geológico

Em Angola considera-se três unidades geológicas: o Maciço Antigo, as formações de cobertura muito extensas na região oeste de Angola e a Orla litoral, localizada na costa oeste. A região em estudo está inserida na Orla Litoral que ocupa a faixa costeira e divide-se em cinco bacias sedimentares marinhas: Cabinda, Zaire, Benguela, Quanza e Namibe (Sabino, 2008). Presentemente consideram-se 3 grandes bacias: Bacia do Congo, Bacia do Quanza e Bacia do Namibe (Pinho & Carvalho, 2010).

O enchimento sedimentar da Bacia de Benguela é essencialmente de idade Cretácica. As rochas aflorantes na região em estudo são do Albiano Superior, terraços marinhos que as cobrem e os sedimentos terrígenos, quaternários, do delta do Catumbela (Fig. 4). O Albiano Superior é formado por calcários, calcários dolomíticos, calcários margosos e margas (Galvão e Silva, 1972), (Fig. 4). Os sedimentos do delta são essencialmente areias, lodos e argilas de cor escura, ricos em matéria orgânica.

O rio Catumbela corre na maior parte do seu percurso em canhão apertado, o seu leito é caracterizado por vários degraus e a cerca de 10 km da foz entra na sua planície aluvionar, separada dos calcários cretácicos por escarpa de falha. Esta morfologia, aliada ao facto deste rio transportar uma carga sólida elevada durante todo o ano e ao facto do mar ser calmo nesta região, faz com que a taxa de sedimentação seja superior à taxa de evacuação dos sedimentos pelo mar, originando o delta.

O delta da Catumbela é caracterizado por uma sucessão de cordões de praia, cada um associado a uma antiga posição da linha de Costa (Silva, 2011), morfologia típica de um delta fortemente influenciado pelas ondas, segundo (Bhattacharya & Walker, 1992).

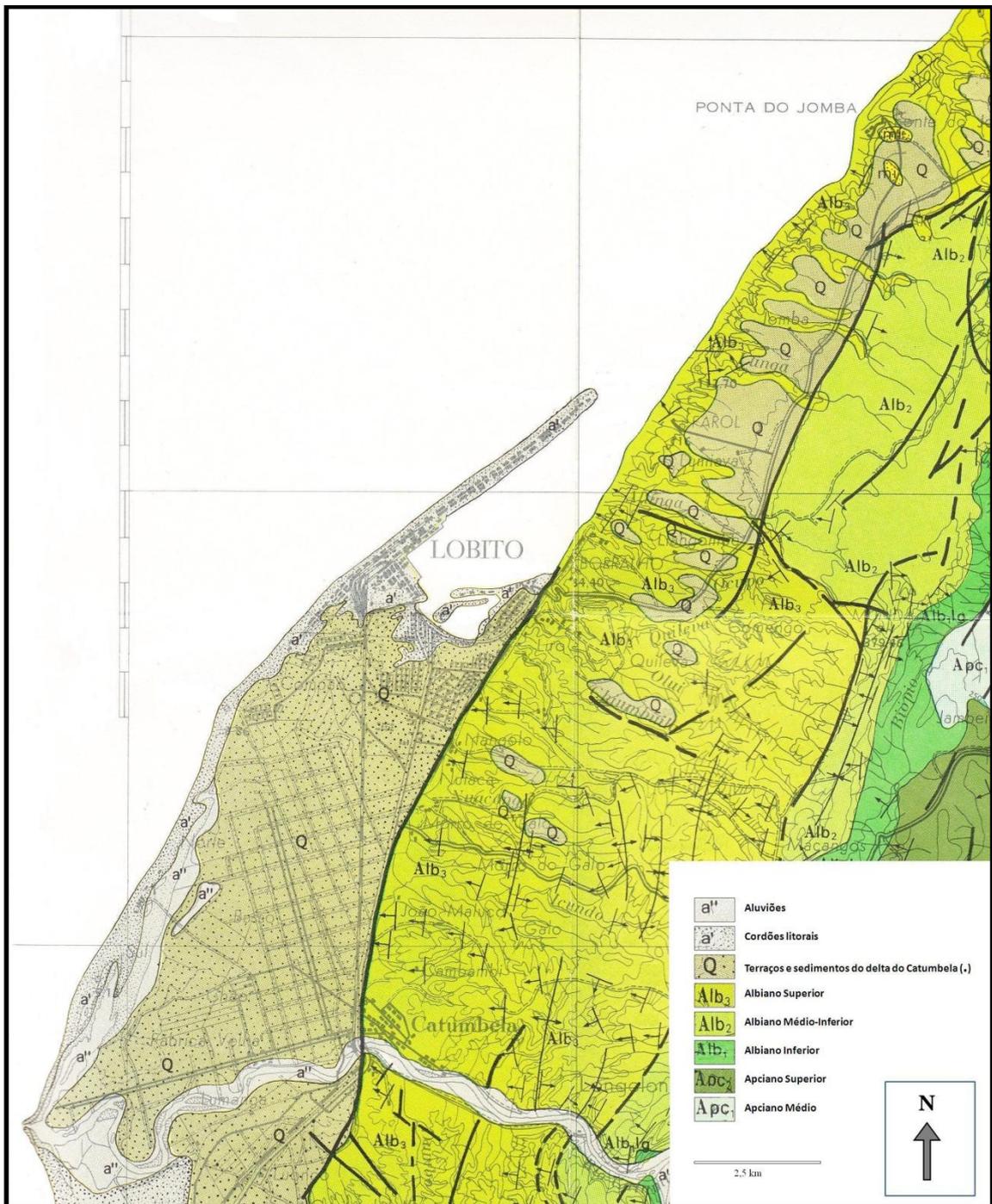


Fig. 4 – Excerto da Carta Geológica de Angola, Folha 227-228, Lobito, à escala 1: 100 000, com representação da região de Lobito-Catumbela (Galvão e Portugal, 1971), com modificações.

Devido à protuberância deltaica e à orientação dominante da ondulação os sedimentos transportados pelo rio Catumbela são redistribuídos por correntes de deriva litoral tanto para norte como para sul, mas em locais mais afastados da protuberância deltaica a deriva já é maioritariamente para norte pelo que os sedimentos transportados por deriva litoral vêm a alimentar a restinga do Lobito e o delta assume uma morfologia ligeiramente assimétrica (Silva, 2011).

2.4. Enquadramento climático e hidrogeológico

Em Angola há globalmente duas estações, sendo uma seca e fresca, que vai de Junho a Setembro denominada estação do “cacimbo” ou inverno e outra húmida e quente que vai de Setembro a Maio, denominada da “seca” ou verão. A corrente fria de Benguela faz a regulação da temperatura e aumenta a secura nesta região. O clima na região é classificado como quente semi-árido na classificação de Koppen.

Apesar da aridez a humidade relativa do ar é elevada na região. Os meses mais frios são Julho e Agosto com temperaturas médias de 20° C e uma época quente nos meados de Outubro e princípio de Junho; os meses mais quentes são Fevereiro, Março e Abril com temperaturas médias de 27° C. A temperatura média do mês mais quente é 29° C e a temperatura média anual é de 23–24° C (Cruz, 1940). As médias pluviométricas anuais estão compreendidas entre 100 e 250 mm (Minua, 2006), a humidade relativa, com valores médios anuais superiores a 75% (Cruz, 1940).

A vegetação apresenta-se mais evoluída e intensificada nos períodos mais quentes e chuvosos (Novembro – Abril). É uma vegetação de climas áridos com acácias, estepe seca, com gramíneas, arbustos espinhosos e catos. A agricultura é quase inexistente na região de Lobito, mas no delta do Catumbela a agricultura é intensiva, pois o solo é muito fértil.

A hidrografia de Angola está intimamente ligada ao seu relevo. Os rios têm origem nas zonas montanhosas e planálticas do interior e correm para as

regiões mais baixas em leitos irregulares, com quedas de água e cachoeiras, apresentando margens mais largas nas zonas costeiras.

A rede hidrográfica da província de Benguela é composta, em grande parte, por rios secos, havendo quatro bacias hidrográficas – a do Cubal, do Hanha, do Catumbela e a do Cuporolo, que definem vales importantes na faixa litoral da província. Os rios mais importantes na província de Benguela são: Catumbela, Cavaco e o Cuporolo, mas apenas o Catumbela e Cuporolo apresentam caudal durante todo ano, mas com grande variabilidade sazonal, em resposta às diferenças na intensidade da precipitação.

Na cidade do Lobito o potencial hídrico caracteriza-se pela inexistência de rios na cidade, apesar disso, tem na parte norte o rio Culango, riacho da Jamba e alguns rios secos que afluem na zona alta. A cidade depende da água do Catumbela, que abastece as cidades de Lobito, Benguela, Catumbela e Baía Farta.

3. Metodologia

3.1. Amostragem dos pontos de água

Para desenvolver este trabalho foi preciso fazer o levantamento dos pontos de amostragem no aquífero cársico do Albiano (Aq Alb) e no aquífero terrígeno do delta do Catumbela (D Cat). A escolha destes pontos de amostragem esteve condicionada ao acesso e a autorizações dos proprietários.

As amostras foram colhidas durante dois dias. No primeiro dia (31 de Janeiro de 2013) colhemos no aquífero cársico do Albiano e no segundo dia (01 de Fevereiro de 2013), colhemos no aquífero terrígeno do delta do Catumbela. Na tabela 2 são dadas as coordenadas geográficas dos pontos de amostragem das águas e na figura 5 é dada a imagem do GoogleEarth com a localização dos pontos de amostragem.

Tabela 2 - Localização dos pontos de amostragem

Pontos	Latitude	Longitude
Pontos de amostragem no aquífero cársico do Albiano		
Ponto 1	12°16.150'S	13°37.967'E
Ponto 2	12°16.166'S	13°37.983'E
Ponto 3	12°18.217'S	13°37.165'E
Ponto 4	12°20.437'S	13°36.835'E
Ponto 5	12°21.562'S	13°35.616'E
Pontos de amostragem no aquífero do delta do Catumbela		
Ponto 6	12°23.284'S	13°30.809'E
Ponto 7	12°23.540'S	13°31.199'E
Ponto 8	12°23.677'S	13°31.544'E
Ponto 9	12°24.181'S	13°32.365'E
Ponto 10	12°24.273'S	13°31.788'E

No aquífero cársico o ponto1 corresponde a uma nascente permanente, cuja água é usada pela população local para consumo. A nascente está no alinhamento de uma falha com direção Este-Oeste, que condiciona a existência da nascente.

A água aflora em dois locais e num existe um lago usado para banho (Fig. 6a). A amostragem realizou-se no local não usado para banho. As rochas aflorantes

são calcários e margas do Albiano, ricos em fósseis e que apresentam alguma carsificação.

O Ponto 2 localiza-se próximo do ponto 1 e corresponde a uma nascente, a Mina do Jomba, e antigamente era comercializada como água mineral (Fig. 6b). A amostra foi retirada do reservatório construído para armazenar a água da nascente (Fig. 6b). A nascente esta localizada num pequeno canhão fluvial de paredes abruptas que corresponde provavelmente a uma falha. As rochas aflorantes são também os calcários do Albiano, ricos em fósseis e que apresentam alguma carsificação.

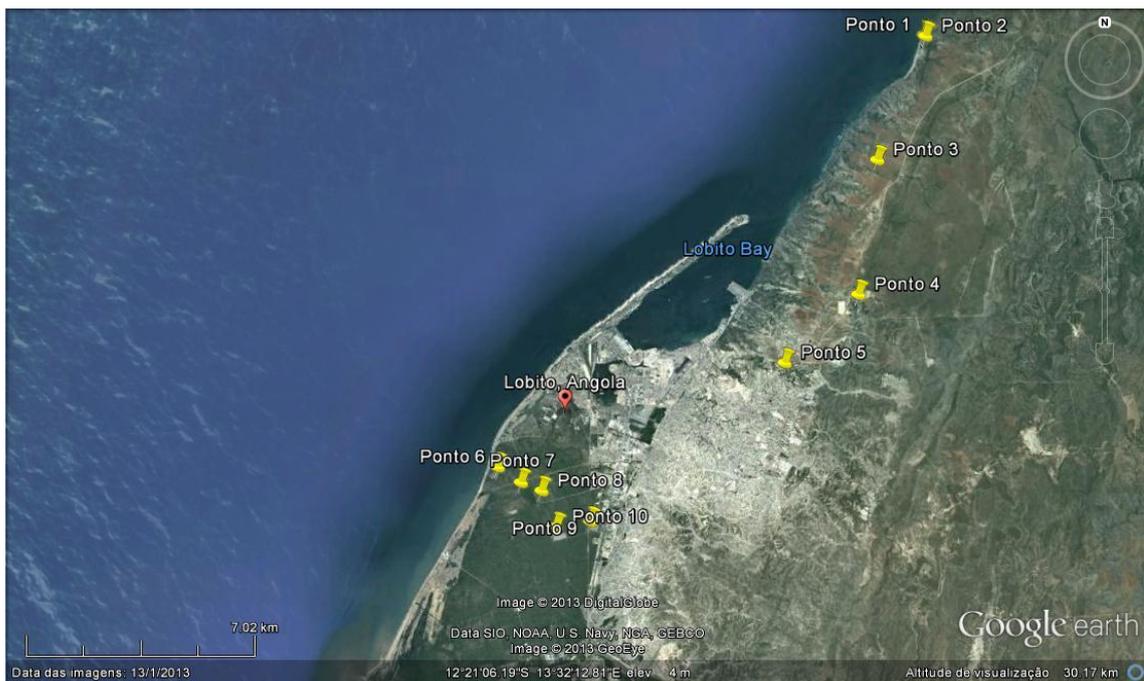


Figura 5 - Imagem retirada do Google Earth com os pontos de amostragem no aquífero cársico do Albiano (pontos 1 a 5) e no aquífero terrígeno do delta da Catumbela (pontos 6 a 10).

O ponto 3 corresponde a uma cacimba (poço) com 11 metros de profundidade situada na vertente de uma linha de água. As paredes do poço estão revestidas a tijolo e a água é muito raramente usada, pois é muito profunda. As rochas

aflorantes são os calcários do Albiano, mas que estão cobertos com finos níveis de areias de terraço.



Figura 6 - a) Ponto 1: lago usado para banho pela população que ai reside; b) Ponto 2- Mina do Jomba: local usado antigamente para comercialização de água mineral; c) Talude do canhão fluvial onde se localiza o ponto 4; d) Ponto 5: lago é utilizado pelas crianças para nadarem.

O ponto 4 corresponde a uma nascente, na qual foi construído um poço de 7 m de profundidade, com paredes revestidas de blocos de calcário. O local corresponde à base plana de um pequeno canhão fluvial de paredes abruptas (Fig. 6c), que corta os calcários de Albiano. O canhão deve-se à existência de uma falha, de direção E-W que originou uma brecha onde os clastos estão unidos por calcite. Esta zona plana era usada para cultivo e criação de gados. Presentemente a água não é usada.

O ponto 5 corresponde a um pequeno lago que é alimentado por uma nascente permanente, localizado na base de um canhão fluvial de traçado retilíneo. A estratificação das camadas de calcário e margas é N45E e o pendor é 22 NW. O lago é utilizado pelas crianças para nadarem (Fig. 6d) e a água possui uma cor esverdeada, sendo muito rica em algas. Este ponto está localizado na proximidade de um bairro, mas não é usada pela população, exceto pelas crianças.

Nas rochas cársicas os solos são pouco desenvolvidos e a vegetação é arbustiva, sendo uma vegetação de estepe seca, com gramíneas, arbustos espinhosos e catos. As rochas carbonatadas são fossilíferas, com vários tipos de fosseis onde se destacam amonites que atingem 20 centímetros de diâmetro (Fig.7a).

Os pontos 6 a 10 estão localizados no delta do rio Catumbela e correspondem a furos usados para rega e para consumo humano (Fig. 7b). O ponto 6 corresponde a um furo com uma profundidade de 6 metros, é considerado um furo normal. A primeira água bombada tinha cheiro a H_2S . O ponto 7 corresponde a um furo com 5 metros de profundidade, onde a água está a 2 m de profundidade.



Figura 7: a) Fóssil de amonite no ponto 1; b) furo usado para rega

O ponto 8 corresponde a um furo com 8 metros de profundidade. O ponto 9 corresponde a um furo de 9 metros de profundidade. A água desde ponto tem cheiro de H₂S. O ponto 10 corresponde a um furo de 9 metros de profundidade. A água desde ponto tem cheiro de H₂S.

Os pontos 6 e 7 são os mais próximos da linha de costa e são os dos furos menos profundos. Os furos dos pontos 8, 9 e 10 são considerados furos grandes e usam-se bombas maiores para a extração da água.

Os sedimentos do delta do Catumbela são compostos areias, siltes e argilas e possuem muita matéria orgânica. No aquífero do delta do Catumbela os solos são muito desenvolvidos por serem campos agrícolas; a vegetação é variável encontramos vários produtos como: milho, batata-doce e rena, mandiocqueira, bananeira, mamoeiro, mangueira, cenoura, pimento alho, feijão, couve, hortaliças, etc. (Fig.7b). O uso de fertilizantes de potássio e de nitratos e sulfatos de amónio é muito frequente.

3.2. Análise das águas *in situ*

As análises feitas *insitu* em cada ponto no campo, utilizando o medidor multiparâmetros de Marca HANNA, modelo HI9828, permitiram determinar o pH, temperatura, potencial redox (ORP), oxigénio dissolvido (em mg/L e percentagem de saturação) condutibilidade elétrica específica (ou a 25 °C), condutibilidade elétrica (C.E) e total de sólidos dissolvidos (TDS).

O medidor multiparâmetros é um aparelho que permite realizar análises simultâneas em águas obtendo vários parâmetros. Para ser utilizado é necessário calibrar primeiro o aparelho seguindo todos os passos, e usando as soluções fornecidas pelo fabricante. No campo fez a calibração do oxigénio, pois o teor de oxigénio de uma água depende da pressão atmosférica, que é influenciada pela altitude.

A água era retirada para um recipiente previamente lavado com a água a amostrar e fazia-se a leitura depois de se atingir a estabilização dos valores.

Em cada ponto foram também recolhidas amostras de água para garrafas de plástico limpas, de 1,5 L, que foram previamente passados três vezes pela água a amostrar. As garrafas plásticas tinham que estar totalmente cheias para evitar que a água entrasse em contacto com o ar. Após este trabalho as amostras de água eram transportadas numa mala térmica com gelo e elevadas para o laboratório para análise posterior. Algumas análises foram realizadas no mesmo dia da colheita, como será referido.

3.3. Determinação dos erros nas análises *in situ*

Os erros cometidos nas determinações destes parâmetros foram determinados em 2 amostras, que apresentavam salinidades distintas. A amostra repetida 10 vezes é uma água subterrânea com 118 mg/L de salinidade média e a amostra repetida 6 vezes tinha uma salinidade média de 586 mg/L.

Os erros para as duas amostras são admissíveis na maioria dos parâmetros, exceto para o oxigénio dissolvido (% saturação) e oxigénio dissolvido (mg/L) na amostra repetida 6 vezes, que têm erros que atingem 21,3 % (Tabela 3).

Tabela 3 - Cálculos dos erros na determinação dos parâmetros físico-químicos

Parâmetros	Erros (%) repetição de 10 vezes	Erros (%) repetição de 6vezes
Temperatura (°C)	0,9	0,5
pH	0,8	0,4
ORP (mV)	11,2	2,6
Oxigénio dissolvido (%saturação)	3,1	21,1
Oxigénio dissolvido (mg/L)	3,4	21,3
Condutibilidade Eléctrica atual (µS/cm)	0,3	0,2
Condutibilidade Eléctrica específica (µS/cm)	0,5	0,4
Total Sólidos Dissolvidos (mg/L)	0,8	0,5

3.4. Análises das águas no laboratório

No laboratório foi necessário o uso do fotómetro de bancada de marca Hanna de modelo HI83200, que usa uma lâmpada de tungsténio e radiação UV-

visível. As análises são realizadas seguindo o procedimento operacional padrão da fotometria, usando o método colorimétrico para a maioria dos parâmetros analisados. Os procedimentos são extremamente divertidos como vemos na figura 8.



Figura 8 – Judith a fazer as análises químicas com fotómetro de bancada de marca Hanna modelo HI83200

No laboratório foi determinado alcalinidade (mg/L de CaCO_3), nitratos (mg/L), nitritos, (mg/L), amónia (mg/L). Estes quatro parâmetros têm que ser analisado em menos de 48 horas e as amostras têm de estar sempre no frio. Se não forem feitas no prazo e sempre frias o resultado da análise é errado porque os teores destas espécies químicas alteram rapidamente com o passar do tempo em amostras não preservadas. Cobre ($\mu\text{g/L}$), fosfato (mg/L), cloro total (mg/L), crómio VI ($\mu\text{g/L}$), ferro ($\mu\text{g/L}$), zinco (mg/L) e o magnésio (mg/L) foram também analisados.

4. Resultados

4.1 Parâmetros físico-químicos das amostras

Os resultados obtidos nas análises das propriedades físico-químicas e nas análises químicas são dados na tabela 4. Analisando esta tabela vemos que a temperatura das águas analisadas varia entre 25,87 °C e 28,72 °C sendo mais constante na água do aquífero dos sedimentos terrígenos (26,98 a 27,88 °C, Fig.9). Isto deve – se ao facto da água no aquífero dos sedimentos terrígenos ser subterrânea e ter sido bombada, enquanto as amostras de água colhidas no aquífero dos sedimentos cársico são águas de nascentes que não estão a ser extraídas e uma corresponde a um lago.

Os valores de pH variam entre 6,77 a 8,13 (Tabela 4, Fig.9) a tendência é para que o pH seja maior na água do aquífero cársico do que na água do aquífero nos sedimentos terrígenos.

Os valores de ORP variam entre – 122,4 mV e 220,8 mV (Tabela 4). A água no aquífero no sedimentos terrígenos apresenta valores mais baixos ORP (-122,4 a 2,4 mV), do que a água do aquífero cársico (-44,4 a 220,8 mV), devido à presença de matéria orgânica nestes sedimentos. Estes valores baixos de ORP explicam o cheiro a ácido sulfídrico que se detetou na colheita destas amostras.

Os teores de oxigénio dissolvido variam entre 2,2 e 52,1% ou entre 0,17 e 4,05 mg/L como mostra a Tabela 4. Analisado a figura 9 vemos que o oxigénio dissolvido tem tendência a apresentar maior teores nas águas do aquífero do sedimentos terrígenos do que nas águas do aquífero cársico.

Na tabela 4 pode-se observar que a condutibilidade elétrica específica varia entre 307 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 5435 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sendo os maiores valores de condutibilidade elétrica encontrados na água do aquífero cársico (Fig. 9). Nas águas dos dois aquíferos os valores de condutibilidade elétrica são bastante variáveis (Fig. 9). O valor extremamente elevado registado no ponto 5 (5435 $\mu\text{S}/\text{cm}$) pode

explicar-se por este ponto se localizar nas proximidades de um bairro que não possui recolha de efluentes domésticos.

Os furos 6 e 7, no aquífero do delta do Catumbela, são os mais próximos do mar (Fig. 9) e as amostras de água colhidas nestes furos são as que apresentam maiores valores de condutividade elétrica (Tabela 4), comparadas com as águas de outros furos.

O total de sólidos dissolvidos varia de 702 mg/L a 2717 mg/L, sendo os valores máximos localizados no aquífero cársico. As mesmas relações foram encontradas para a condutividade elétrica, pois os valores de TDS são calculados pelo medidor multiparâmetros a partir dos valores da condutividade elétrica.

Alcalinidade varia entre 50 mg/L a 360 mg/L como mostra a tabela 4. Analisando a figura 9 vemos que a alcalinidade apresenta na generalidade maiores valores nas águas do aquífero cársico do que nas águas do aquífero dos sedimentos terrígenos. As águas dos furos 6 e 7 no aquífero dos sedimentos terrígenos apresentam altos valores de alcalinidade, o que se deve ao facto de se localizarem mais perto do mar.

Nitratos só foram encontrados em duas amostras de água no aquífero cársico, com teores de 15 e 106 mg/L (tabela 4) na amostra 4 e na amostra 3, respetivamente. O ponto 4 corresponde a uma nascente que está localizada num pequeno canhão, que era usado para agricultura e a amostra 3 corresponde a um poço e antigamente a água era utilizada para rega, e às vezes para o uso doméstico.

Os teores de fosfatos variam de 0,4 – 6,2 mg/L (Tabela 4). Em ambos os aquíferos os valores analisados são variáveis; os valores das amostras do aquífero cársico variam de 0,4 a 3,2 mg/L e os valores das águas do aquífero dos sedimentos terrígenos variam de 0,4 a 6,2mg/L (Fig. 10).

Tabela 4 - Valores dos parâmetros físico-químicos e teores de algumas espécies químicas das águas amostradas

Parâmetros	Unidades	Aquífero cársico do Albiano					Aquífero terrígeno do Delta do Catumbela				
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10
Temperatura	°C	25,87	26,66	27,57	26,09	28,72	27,13	27,84	26,98	27,88	27,04
pH		7,47	7,46	6,99	8,13	7,24	7,43	7,58	6,98	6,77	7,02
ORP	mV	100,3	220,8	171,1	-44,4	116,1	-122,4	-70,4	-101,6	2,4	-38,7
Oxigénio dissolvido	%	44,8	21,5	11,2	2,2	42,6	43,2	39,1	32,8	52,1	28,6
Oxigénio dissolvido	mg/L	3,59	1,69	0,86	0,17	3,19	3,38	3,04	2,60	4,05	2,25
Cond. El. Específica	µS/cm	2039	3297	1620	1404	5435	4225	1151	289	307	457
Cond. Eléctrica	µS/cm	2073	3401	1700	1433	5819	4396	1213	300	324	475
Total Sólidos Dissol.	mg/L	1020	1648	810	702	2717	2112	575	145	153	229
Alcalinidade	mg/L _{CaCO3}	255	290	360	290	175	325	290	85	50	85
Nitratos	mg/L	<ld	<ld	106	15	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld
Magnésio	mg/L	20	15	55	95	10	30	20	20	20	15
Fosfato	mg/L	3,2	4,0	0,4	0,7	0,4	2,8	6,2	<ld	0,5	0,4
Cloro Total	mg/L	<ld	<ld	0,17	0,52	0,68	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld
Crómio (VI)	µg/ L	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	<ld	3
Ferro	µg/ L	224	77	488	46	86	348	134	400	58	126
Zinco	mg/L	0,08	<ld	0,1	0,03	0,65	<ld	0,05	0,07	0,3	0
Cobre	µg/L	0,7	<ld	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,6	n.d.	n.d.	n.d.

Cond. El.: condutividade eléctrica; Dissolv: dissolvidos; ld: abaixo do limite de deteção; n.d.: não determinado

NOTA : Os teores de nitritos e amónia foram sempre abaixo dos limites de deteção

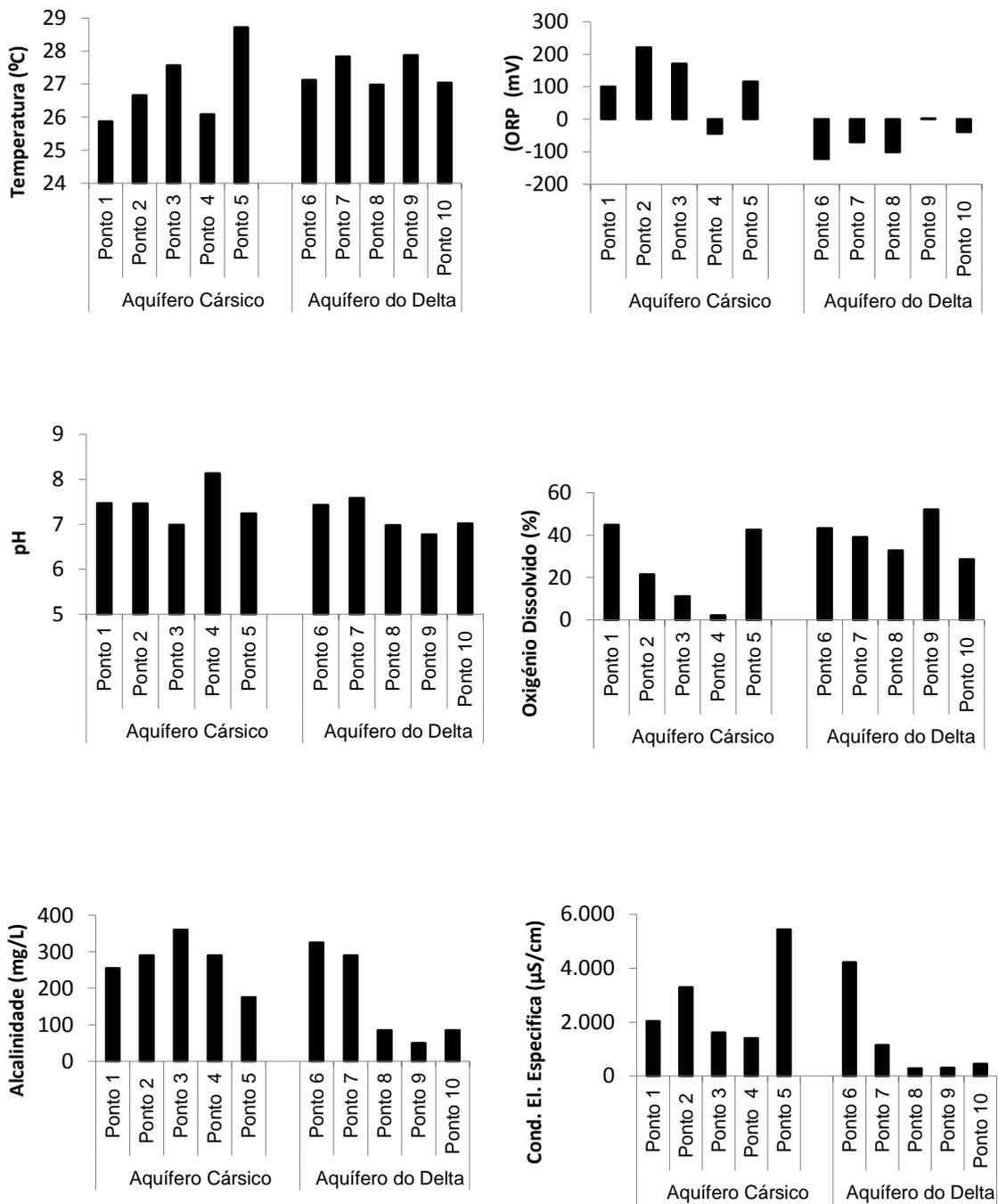


Figura 9 - Variação dos parâmetros físicos – químicos das águas no aquífero Cárstico do Cretácico e no aquífero terrígeno do delta da Catumbela.

Os teores de magnésio variam de 10 a 95 mg/L os valores das águas do aquífero cársico e os valores encontrados nas águas do aquífero dos sedimentos do delta variam de 15 a 30 mg/L (Fig.10). O cloro total só foi detetado em três amostradas analisadas (0,17 a 0,68 mg/L) no aquífero cársico.

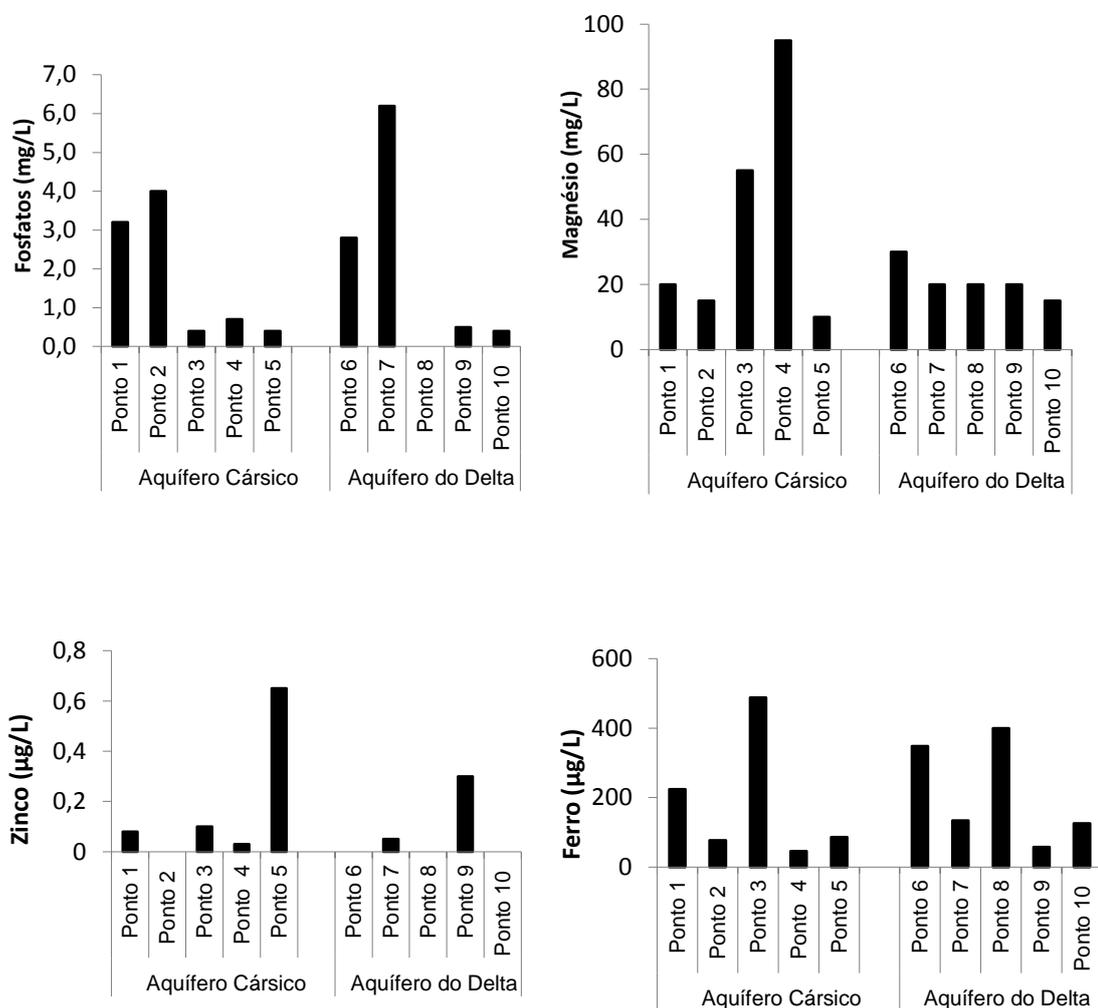


Figura 10 - Variação dos teores de espécies químicas das águas no aquífero Cársico do Cretácico e no aquífero terrígeno do delta da Catumbela.

O crómio VI só foi encontrado na amostra do ponto 10, no aquífero terrígeno do delta (Tabela 4) e o valor determinado foi 3 µg/L. Os teores de ferro nas amostras analisadas variam entre 46 a 488 µg/L. Em ambos os aquíferos a variação dos valores é semelhante (Fig.10).

Os teores de zinco são baixos, variando entre 0 a 0,65 mg/L (Tabela 4), sendo os maiores valores encontrados nas águas do aquífero cársico (Fig.10). O cobre foi doseado apenas em duas amostras, uma em cada em cada aquífero, sendo 0,7 µg/L na água do aquífero cársico e 0,6 µg/L na água do aquífero nos sedimentos terrígenos (Tabela 4), sendo assim semelhantes.

4.2. Comparação entre os dois tipos de água analisadas

Pela observação dos valores médios as águas dos dois aquíferos apresentam valores de temperatura, de pH e de zinco semelhantes (Tabela 5).

Tabela 5- Valores da média e do desvio padrão dos parâmetros analisadas nas águas dos dois aquíferos

Parâmetros	Aquífero cársico do Albiano		Aquífero do Delta do Catumbela	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Temperatura (°C)	26,98	1,17	27,37	0,45
pH	7,46	0,42	7,16	0,34
ORP (mV)	112,78	99,93	-66,16	49,73
Oxigénio Dissolvido (%)	24,46	18,86	39,16	9,16
Oxigénio Dissolvido (mg/L)	1,90	1,47	3,06	0,70
Condutividade elétrica a 25 °C. (µS/cm)	2759	1666	1286	1680
Condutividade elétrica (µS/cm)	2885	1806	1342	1748
TDS (mg/L)	1379,4	832,7	642,8	839,95
Alcalinidade (mg/L)	274	67,21	167	129,64
Magnésio (mg/L)	39	35,95	21	5,48
Fosfato (mg/L)	1,74	1,73	2,48	2,72
Ferro (µg /L)	184,2	183,1	213,2	150,8
Zinco (mg/L)	0,22	0,29	0,12	0,16

Os valores médios de oxigénio dissolvido, fosfato e ferro são menores no aquífero cársico, enquanto os valores médios de ORP, condutividade elétrica, TDS, alcalinidade e magnésio são superiores no aquífero cársico (Tabela 5).

Contudo os valores do desvio padrão são muito elevados. Para se saber se as diferenças encontradas são estaticamente significativas foi aplicado o teste t-Student. Usou-se o suplemento Análise de dados do EXCEL para nível de significância de 0,05, e considerando duas amostras com variância desigual. Os resultados são dados na Tabela 6.

Verificou-se que há diferença significativa entre os dois tipos de água em relação aos valores de ORP (Tabela 6). A água do aquífero no delta do Catumbela possui valores de ORP que são significativamente menores do que a água do aquífero cársico. Os valores dos outros parâmetros não são significativamente distintos nos dois tipos de água.

Como o número de amostras é reduzido foi aplicado o teste Kolmogorov-Smirnov (K-S), que pode ser aplicado a distribuições de variáveis não normais. Para um nível de significância de 0,90 e para os graus de liberdade calculados pelo teste (3), o valor crítico D-crítico é de 0,642. Os valores de D-calculado para os parâmetros cujas médias são distintas são apresentados na Tabela 6.

Segundo este teste as águas dos dois aquíferos não são distintas para os parâmetros analisados. Os resultados dos testes podem ser explicados pelo facto de o número de amostras ser muito pequeno e os valores das variáveis analisadas serem muito dispersos.

Contudo tendo em conta as características dos pontos de amostragem podem fazer-se algumas considerações observando as figuras 9 e 10. A água do aquífero cársico apresenta na generalidade temperaturas mais baixas do que a água do aquífero do delta, com exceção do ponto 5. Este ponto corresponde a um pequeno lago, que recebe durante a maior parte do dia a luz solar e por isso a temperatura da água é alta (28,72 °C). Não considerando esta amostra,

a temperatura da água do aquífero cársico é inferior à temperatura da água do aquífero do delta.

Tabela 6 – Resultados dos testes estatísticos aplicados para comparação entre os dois tipos de água

	Teste t-Student			Teste K-S
	p -value	t-crítico	t-calculado	D-calculado
Temperatura (°C)	0,515	2,57	0,70	
pH	0,249	2,31	1,25	
ORP	0,012	2,45	3,58	0,60
OD (%)	0,170	2,45	1,57	0,40
Condutividade elétrica (25 °C)	0,201	2,31	1,39	0,40
Alcalinidade	0,152	2,45	1,64	0,60
Magnésio	0,328	2,78	1,11	0,40
Fosfato	0,659	2,36	0,17	0,20
Ferro	0,792	2,31	0,27	0,60
Zinco	0,595	2,45	0,66	

Os valores de pH, de condutividade elétrica e de alcalinidade da água do aquífero cársico são na generalidade mais elevados do que os valores destes parâmetros na água do aquífero do delta, com exceção de duas amostras deste aquífero, que são as que se localizam mais perto do mar. A influência da proximidade do mar explica os valores mais elevados de pH, condutividades e alcalinidade que estas duas amostras possuem em relação às outras amostras do mesmo aquífero.

5. Discussão e avaliação de impactos

5.1. Avaliação da qualidade - legislação

A qualidade da água é avaliada em função do seu uso. A Organização Mundial de Saúde fornece valores limites para parâmetros biológicos, radiológicos e químicos que devem ser tomados em conta quando se usam águas para consumo humano. Os diferentes países possuem também legislações próprias.

Na tabela 7 são dados os Valor Máximo Recomendado (VMR), Valor Máximo Admissível (VMA) para águas de rega e para águas destinadas à produção de águas para consumo humano apresentados no Decreto Lei 236/1988 de 01 de Agosto, da Lei Portuguesa. São também dados os valores para águas de consumo apresentados no Decreto Lei 306/2007 de 27 de Agosto da Lei Portuguesa e os valores alvo para águas para o consumo segundo a Organização Mundial de Saúde (WHO, 2008).

Tabela 7 - Valor legislados para alguns parâmetros físico-químicos e químicos de águas

	Decreto Lei 236/1988				Decreto Lei 306/2007	OMS (2008)
	Rega		Consumo		Consumo	Consumo
	VMR	VMA	VMR	VMA		
pH	6,5 - 8,4	4,5 - 9,0	6,5 - 8,5	-	≥ 6,5 e ≤ 9	6,5 - 9,5
O.D.	-	-	70%	-	5 mg/L	-
Cond/TDS	640 mg/L	-	1000 μS/cm	-	2500 μS/cm a 20° C	1200 mg/L
Nitratos	50 mg/L	-	25 mg/L	50 mg/L	50 mg/L	50 mg/L
Nitritos	-	-	-	-	0,5 mg/L	0,2 mg/L
Fosfato	-	-	0,4 mg/L	-	-	-
Crómio	0,10 mg/L	20 μg/L	-	50 μg/L	50 μg/L	50 μg/L
Ferro	5,0 mg/L	-	0,1 mg/L	0,3 mg/L	200 μg/L	2 mg/L*
Zinco	2,0 mg/L	10,0 mg/L	0,5 mg/L	3,0 mg/L	-	3,0 mg/L
Cobre	0,20 μg/L	5,0 μg/L	0,02 mg/L	0,05 mg/L	2,0 mg/L	2 mg/L

VMR.: Valor Máximo Recomendado; VMA.: Valor Máximo Admissível. O.D.- oxigénio dissolvido; Cod- condutividade elétrica; TDS- total dos sólidos dissolvidos. (*) valor que não causa problemas, mas não é valor guia.

5.2. Temperatura

A temperatura afeta a solubilidade das espécies químicas dissolvidas na água e a toxicidade de algumas delas. As temperaturas mais altas limitam a disponibilidade de oxigénio dissolvido na água, afetando a respiração dos organismos que habitam nas águas. Esta relação não foi encontrada nas amostras analisadas devido ao facto de serem águas subterrâneas, onde a quantidade de oxigénio dissolvido é inferior a 50% de saturação. A temperatura também afeta os valores de pH; à medida que a temperatura aumenta o pH diminui, o que se pode observar na figura 11.

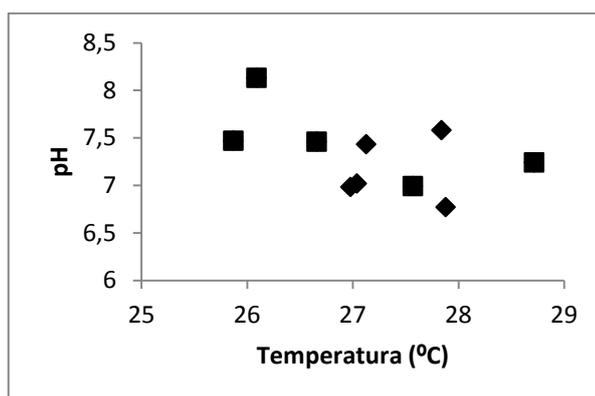


Figura 11 – Variação do pH função da temperatura nas amostras de água estudadas no aquífero cársico (quadrados) e no aquífero do delta (losangos).

5.2. pH

O pH mede a concentração hidrogeniónica da água. Mede-se segundo a escala de Sorensen, que varia de 0 a 14 e indica a intensidade de acidez ($\text{pH} < 7,0$), neutralidade ($\text{pH} = 7,0$) ou alcalinidade ($\text{pH} > 7,0$) de uma solução aquosa. Os valores do pH medidos na água do aquífero cársico são muito variáveis, o que se pode explicar pela variabilidade nas características dos pontos de amostragem. No aquífero terrígeno do delta os valores de pH são mais constantes, pois todos os pontos de amostragem correspondem a furos. Os

valores de pH mais elevados em duas amostras deste aquífero podem ser explicados pela proximidade ao mar.

A projeção das amostras no diagrama Eh-pH das águas naturais é dada na figura 12. Os valores de ORP foram transformados em valores de Eh de acordo com Nordstrom e Wilde (2005).

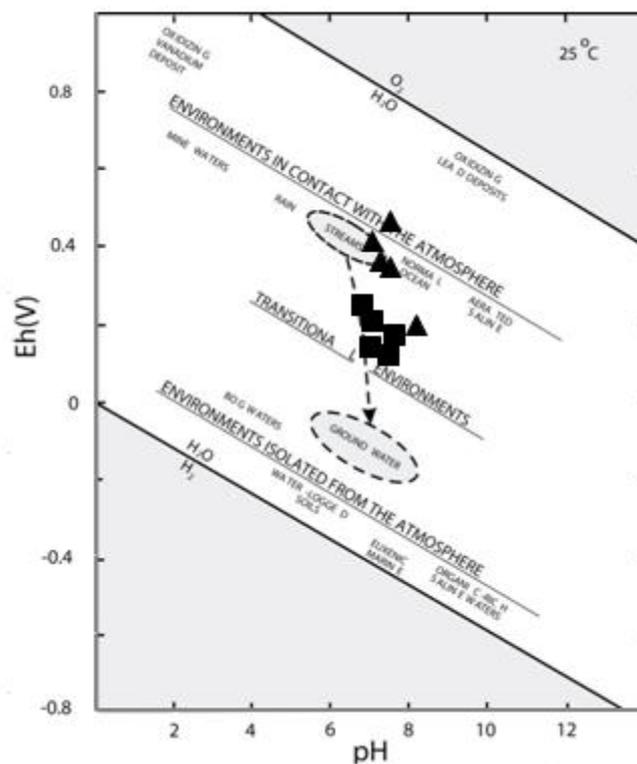


Figura 12 – Diagrama Eh-pH das águas analisadas. Modificado de Colombo et al. (2008).
Símbolos: triângulo- aquífero cársico; quadrado- aquífero no delta.

Todas as amostras de água do aquífero no delta e a amostra do Ponto 4 do aquífero cársico estão localizadas no campo dos ambientes de transição, enquanto as outras amostras do aquífero cársico estão localizadas muito perto do campo das águas de rios.

Os valores do pH medidos estão dentro dos intervalos 6,5 – 8,4 (valor máximo recomendado) e 4,5 – 9,0 (valor máximo admissível) para a rega e no intervalos de 6,5 – 8,5 valor máximo recomendado para o consumo (Decreto Lei 236/ 1998 de 01 de Agosto). Também estão dentro do intervalo $\geq 6,5$ e ≤ 9 , segundo Decreto Lei 306/2007 de 27 de Agosto e dentro do intervalo 6,5 – 9,2 dos valores apresentados pela WHO (2008).

5.3. Oxigénio Dissolvido

O oxigénio dissolvido é fundamental para avaliar as condições naturais das águas superficiais e detetar impactos ambientais como eutrofização e poluição orgânica. O oxigénio dissolvido é necessário para a respiração da maioria dos organismos que habitam o meio aquático, é reduzido quando a água recebe grandes quantidades de substância orgânicas biodegradáveis encontradas.

O Decreto Lei 236/1998, não indicam valores recomendados ou admissíveis na água para a rega. O Decreto Lei 306/2007 de 27 de Agosto indica o valor máximo recomendado de 5 mg/L do oxigénio dissolvido na água para o consumo humano. As águas amostradas possuem < 5 mg/L de oxigénio. Estes valores são baixo porque são águas subterrâneas.

5.4. Condutividade elétrica e Total dos Sólidos Dissolvidos

A condutibilidade elétrica refere a capacidade que uma solução aquosa possui em conduzir corrente elétrica. O total dos sólidos dissolvidos (TDS) é definido como peso total dos constituintes minerais dissolvidos na água, por unidade de volume (Parron et al., 2011). Os sais dissolvidos são responsáveis pelo aumento da condutividade elétrica da água e os dois parâmetros possuem geralmente uma relação direta nas águas.

A condutibilidade elétrica e o TDS da água são parâmetros que estão fortemente condicionados pela temperatura da água (Santos, 2000), o que não

se verificou nas águas amostradas. Há grande variabilidade nos valores destes parâmetros nos dois aquíferos. As amostras do aquífero cársico que possuem condutividades muito mais baixas do que as restantes correspondem a águas paradas de poços. Tendo em conta que a amostragem é feita na água superficial dos poços, esta água já não se encontra em contacto direto com a rocha e perde sais dissolvidos. No aquífero terrígeno do delta as amostras que possuem condutividades muito mais elevadas que as restantes localizam-se mais próximo do mar.

Os valores da condutividade elétrica específica excedem, em três amostras (pontos 2, 5 e 6), o valor de 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ referido no Decreto Lei 306/2007 da água para o consumo humano. Os valores do total dos sólidos dissolvidos ultrapassam o valor de 640 mg/L, referido no Decreto Lei 236/ 1998 de água para rega, em todas as amostras do aquífero cársico. Todas são impróprias para rega e o seu uso leva à salinização dos solos. A amostra do ponto 6 no aquífero do delta é também imprópria para rega e a do ponto 7 tem também um valor muito alto (575 mg/L, Tabela 4).

5.5. Composto de Nitrogénio (Nitratos, Nitritos e Amónia)

São substâncias químicas derivadas do nitrogénio e são encontrados de forma natural na água e no solo em baixas concentrações (Cavantchane, 2013). A deposição de matéria orgânica no solo aumenta drasticamente a quantidade de nitrogénio no solo. Esse nitrogénio é biotransformado por bactéria aeróbias e transforma-se em nitrato que possui grande mobilidade no solo alcançado as águas subterrâneas.

O nitrogénio é também introduzido sob a forma de nitratos usados como fertilizantes e deposição inadequada dos esgotos domésticos (Rossi et al., 2007). O nitrato por possuir estas características, é um ótimo indicativo para se avaliar se um aquífero está sendo contaminado pela atividade antrópica (Mello et al., 1984).

O nitrito é um composto intermédio do ciclo do nitrogénio, resulta da oxidação parcial do nitrogénio orgânico ou da amónia, durante a decomposição da matéria orgânica. O nitrito é oxidado rapidamente na presença do oxigénio e passa a nitrato.

Amónia e nitritos não foram detetados nas águas analisadas. Apenas duas amostras do aquífero cársico possuem nitratos com teores de 15 mg/L e 106 mg/L. Este valor mais elevado doseado na amostra do ponto 3 (poço) é superior ao valor de 50 mg/L que é o valor máximo admitido pelo Decreto Lei 236/1998 e valor limite admitido pelo Decreto-Lei 306/2007 e pela WHO (2008), para a água para o consumo humano. Portanto esta água está imprópria para consumo devido aos altos teores de nitratos.

O facto de não terem sido encontrados nitratos nas águas do aquífero do delta do Catumbela, onde a agricultura é intensa deve-se ao facto destas águas possuírem ORP com valores negativos ou próximos de zero (Tabela 4). Nitritos e amónia ocorreram sempre abaixo dos limites de deteção. Pode assim supor-se que os processos de desnitrificação, que reduzem os compostos de nitrogénio ao elemento nitrogénio terão operado por ação de bactérias neste ambiente anóxico.

5.6 Fosfato

Os fosfatos estão presentes na água devido a várias fontes, pela dissolução de composto do solo, decomposição na matéria orgânica, esgotos domésticos e industrias, fertilizantes, detergentes e excrementos de animais. O fósforo é essencial para o crescimento dos organismos, podendo ser o nutriente que limita a produtividade de um corpo de água.

A presença do fósforo na água pode estar relacionada com processo naturais, como dissolução de rochas, decomposição de matéria orgânica, e também a processos antropogénicos, como lançamento de esgotos, detergentes, fertilizantes e pesticidas (Parron et al., 2011).

O Decreto Lei 306/2007 de 27 de Agosto, a WHO (2008) não indicam valores limites de fosfatos em águas para consumo. O Decreto Lei 236/1998 indica 0,4 mg/L, como valor máximo recomendado para o consumo e não indica valores para a rega. Segundo Mathess & Harvey (1982) in Santos (2000) a concentração de fosfato em águas naturais deverá ser baixa (menor a 0,5 mg/L) e valores acima de 1,0 mg/L geralmente são indicativos de águas poluídas.

Os teores de fosfatos nas águas analisadas são na maioria superiores a 0,4 mg/L e quatro amostras possuem teores superiores a 1 mg/L (Tabela 4). O fosfato poderá ser devido à dissolução das rochas ou pode ser devido aos fertilizantes usados na agricultura.

5.7. Ferro

O ferro é um dos elementos químicos mais abundante na Terra. Os minerais constituintes das rochas contendo ferro são as piroxenas, anfíbois e as micas ferromagnesianas. O ferro é também o principal constituinte de óxidos, como a hematite, a magnetite, a ilmenite e sulfuretos como a pirite e a pirrotite. O ferro na superfície da Terra, ocorre principalmente como o cátion Fe^{3+} sob forma de hidróxido férrico podendo também ocorrer como Fe^{2+} que se apresenta como hidróxido ferroso (Santos, 2000), mas mais raro.

O ião Fe^{2+} é mais solúvel do que o ião Fe^{3+} e ocorre sob esta forma em águas que possuem ORP redutores. Assim valores baixos de ORP promovem a redução do ferro, pelo que possuem mais capacidade para ter ferro dissolvido o que lhes promove um aumento do teor desta espécie química. Esta relação pode ser encontrada, na generalidade nas águas amostradas, mas é bem nítida nas águas do aquífero terrígeno (Fig. 13).

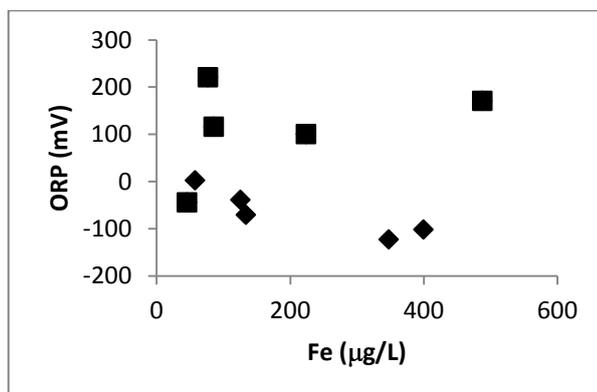


Figura 13 – Variação do ferro dissolvido e do ORP nas amostras de água estudadas no aquífero cársico (quadrados) e no aquífero do delta (losangos).

O ferro é um elemento muito essencial para todos os seres vivos. Nas águas oxidadas existe sob a forma de ião férrico que é insolúvel ou forma um colóide, podendo também estar associado à matéria orgânica e às argilas (Andrews et al., 1996).

Os teores de ferro determinado nas águas de ambos os aquíferos são muito variáveis (Tabela 4) e 4 amostras possuem teores superiores a 200 µg/L, que é o valor limite indicado no Decreto-Lei 306/2007 para águas para consumo humano. Deve contudo referir-se que este valor foi estabelecido atendendo às características estéticas e organoléticas da água e não à sua qualidade para a saúde humana.

5.8. Crómio, Zinco e Cobre

Estes 3 metais ocorrem em teores muito baixos e em poucas das amostras analisadas (Tabela 4). A presença de crómio nas águas de consumo tornou – se um problema de saúde pública devido a seus efeitos tóxicos do Crómio (VI) até mesmo em baixos níveis de concentração e pelo facto de que ele é amplamente distribuído no ambiente (ASTDR, 2000). O crómio é um elemento que pode ser encontrado nas águas, ar, rochas, solos e em toda matéria

biológica, porém não é comum a ocorrência natural de concentrações elevadas em águas subterrâneas.

O crómio pode existir em vários estados de oxidação e sob a forma de Crómio (VI) é perigoso, pois é considerado cancerígeno (WHO, 2004). O crómio (VI) só foi detetado em 1 amostra de água analisada, colhida no ponto 10 cujo teor é de 3 µg/L. Este valor não ultrapassa os valores limites estabelecidos nas legislações consultadas (Tabela 7).

Na figura 14 apresenta-se a projeção das amostras analisadas no diagrama Eh-pH para as espécies de crómio (GSJ, 2005). Para as condições de pH e Eh das águas analisadas o crómio estará na sua maior proporção sob a forma de Cr(III).

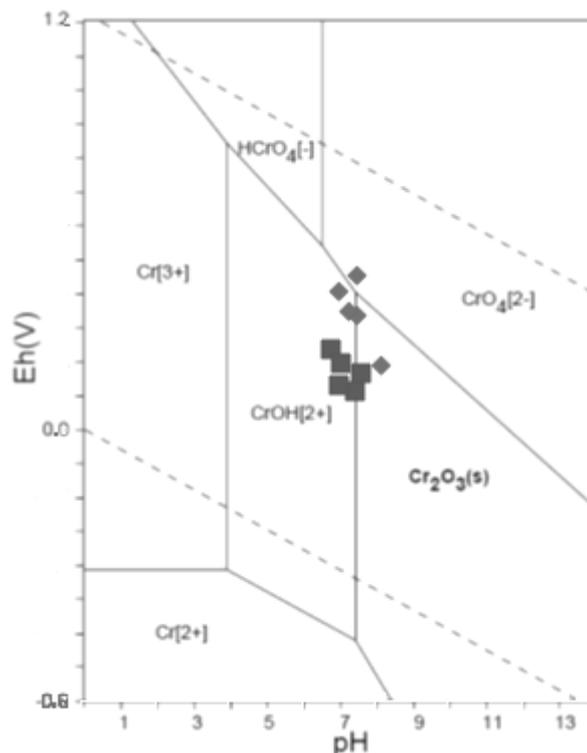


Fig. 14- Diagrama Eh-pH para as espécies de Cr (GSJ, 2005). Sistema Cr-O-H e $\Sigma\text{Cr}=10^{-10}$. Símbolos: losangos- amostras do aquífero cársico; quadrados- amostras do aquífero do delta.

O cobre e zinco são encontrados em pequenas concentrações nas águas e mesmo nas rochas e solos. Estes catiões participam de reações enzimáticas no organismo humano contribuindo para o seu bom funcionamento. Entretanto quantidades excessivas podem causar danos adversos à vida humana e ao meio ambiente (Pedrozo & Lima, 2001).

O zinco é um elemento essencial para o nosso organismo, pois promove a manutenção das células e a síntese de proteínas, pelo que sem ele o nosso corpo não pode funcionar. Os teores máximos de cobre (0,7 µg/L) e do zinco (0,65 mg/L) determinados nas amostras analisadas são inferiores aos valores paramétricos limites indicados nas legislações consultadas (Tabela 7). Portanto as águas analisadas não estão contaminadas em Cr (VI), Cu ou Zn.

6. Composição das águas e saúde pública

Com o objetivo de tentar encontrar-se relações entre a composição das águas e a saúde dos habitantes que as consomem e utilizam, na rega, nos banhos, por exemplo, aplicaram-se os inquéritos em anexo (Anexo I). As mesmas questões foram colocadas às duas populações em estudo, aleatoriamente, a trinta residentes no Lobito, que consomem a água analisada e a trinta residentes na área da Catumbela, que consomem a água do aquífero do delta.

O tempo mínimo de residência dos inquiridos nos referidos municípios foi de cinco anos. Após a aplicação de inquéritos e entrevistas, resultaram as tabelas e gráficos que se observam no Anexo II, que expressam os dados colhidos nas áreas em estudo. Foram inquiridas um total de 60 pessoas que consomem água de cada um dos aquíferos. Na região do Lobito a maior percentagem da população inquerida tinha a idade inferior a 45 anos, e na região do Catumbela a distribuição dos inqueridos foi mais homogénea, ou seja abrangeu todas as idades.

A Tabela 8 representa os problemas de saúde atuais que detetamos na área de estudo. Ao observarmos a Tabela 4, que mostra os valores dos parâmetros físico-químicos e teores de algumas espécies químicas das águas amostradas, constatamos que os teores em Cr(VI) foram apenas verificados no município de Catumbela, embora abaixo dos limites legislados para consumo humano: 50 µg/L (Decreto Lei nº 306/ 2007) e WHO (2004).

Também os dados de Tchikwala (2010) mostraram a existência de Cr(VI) nas águas superficiais do rio Catumbela, com teores bastante mais elevados do que os admitidos para consumo humano pela Organização Mundial de Saúde. Tchikwala (2010) observou teores de Cr(VI), na época das chuvas a variar de 0 µg/L a 148 µg/L e na época seca com uma variação de 72 µg/L a 122 µg/L e observou que os maiores teores ocorriam nas águas do rio, quando este drenava as areias do seu delta, na zona de Catumbela. Nas águas analisadas os teores de Cr(VI) são baixos devido aos baixos valores de ORP.

Ao observarmos a Tabela 8 verificamos que a percentagem de pessoas com problemas de visão e alergias é bastante superior nos residentes do município de Catumbela, 40% e 80% respetivamente, relativamente aos residentes no município do Lobito, onde as percentagens destes problemas de saúde são 7% e 13%, respetivamente. Além disso, no município de Catumbela, dos 40 % dos residentes com problemas de visão, cerca de 17% (5 dos 30 residentes) tem transplante de córneas.

Estes problemas de saúde poderão estar associados à inalação e ingestão (consumo ou via rega) das águas enriquecidas e mesmo contaminadas em Cr. Se verificarmos a Tabela 1 do Anexo 2, verifica-se que a população de Catumbela se alimenta de legumes e frutas cultivados no local, que cresceram regados com estas águas, podendo também estes alimentos estarem enriquecidos neste metal.

Tabela 8 - Representa os problemas de saúde atuais que detetamos na área de estudo.

	Problemas de saúde atuais detetadas na área de estudo			
	Região do Lobito		Região de Catumbela	
	Frequência	%	Frequência	%
Alergia	4	13	24	80
Diarreia	5	17	18	60
Dor Rins	4	13	6	20
Dor dos Músculos	4	13	0	0
Dor da Coluna	1	3	14	47
Malária	8	27	15	50
Reumatismo	8	27	10	33
Visão	2	7	12	40

O crómio pode existir em vários estados de oxidação, mas somente os compostos de crómio hexavalente (crómio VI) podem ser tóxicos se ingeridos ou inalados (Reinmann e Caritat, 1998). A maioria dos compostos de crómio (VI) são irritantes para os olhos, pele e membranas mucosas. A exposição

crónica a compostos de crómio (VI) pode causar danos permanentes nos olhos. O crómio (VI) é também um carcinogéneo humano conhecido.

Como referido o crómio analisado nestas águas é o Cr(VI), mas o crómio que exista nestas águas estará na sua maior proporção sob a forma de Cr(III) (Fig. 14), pelo que é possível que as águas possuem crómio em quantidades nocivas, que contudo não foi doseado. Quando em contacto com o ar, por exemplo na rega, dar-se-á a oxidação do Cr(III) a Cr(VI), o que leva ao enriquecimento dos solos em Cr(VI). Este é absorvido pelas plantas e passa ao homem. Além disso estando os solos enriquecidos em Cr(VI) há também a exposição por contacto direto com o solo.

Tem-se deste modo uma possível explicação para os problemas de alergia e visão nos habitantes trabalham estes solos, consomem estas águas ou os produtos agrícolas com elas irrigados.

O magnésio, juntamente com o cálcio, é responsável pela dureza da água. Quer nas águas do aquífero cársico (Município de Lobito) quer nas águas do aquífero do delta (Município de Catumbela) os teores de Mg analisados (Tabela 4) são bastante mais elevados do que os valores encontrados nas águas superficiais do rio Catumbela por Tchikwala (2010) e Cassola (2011), por estarem em permanente contacto com os calcários margosos. Os valores de Mg das águas do rio Catumbela analisados por Tchikwala (2010) e Cassola (2011) são duas vezes superiores aos teores de Mg das águas dos rios referidos em White (1998).

Portanto nesta região, tanto as águas superficiais do rio Catumbela, como as águas subterrâneas possuem teores de Mg relativamente altos. Estes elevados valores de Mg tornam as águas duras e poderão explicar as doenças renais (13% no município do Lobito e 20% no município de Catumbela), que foram referidas pelos inquiridos. Contudo deve notar-se que a profissão das pessoas inquiridas (maioritariamente pescadores e agricultores) pode causar este tipo de desconforto.

Se observarmos a Tabela 2 do Anexo 2, verifica-se que a maioria dos residentes no Lobito são pescadores e a maioria dos habitantes da região de Catumbela são agricultores. Tal pode explicar as diferenças observadas nas percentagens de pessoas com dor nos músculos nas duas regiões, 13% na região do Lobito e 0% na região do Catumbela. O “puxar” das redes na pesca poderá ser a origem das dores musculares. A maior percentagem de residentes no município de Catumbela com dor de coluna (47 %), relativamente à percentagem de pessoas com esta dor no Lobito (3%), poderá ser explicada por a sua profissão ser a agricultura, que exige uma postura desconfortável durante grande parte do dia.

O ferro é um elemento essencial para todos os seres vivos, contudo é sabido que a ingestão excessiva de Fe pode danificar diretamente as células do trato gastrointestinal e pode também entrar na corrente sanguínea por danificar as células que regulam a sua entrada. Uma vez no sangue o ferro em excesso provoca danos nas células do coração, fígado, etc. A ingestão em excesso de zinco pode promover a deficiência em outros minerais.

A percentagem de residentes que sofrem de diarreias com frequência é também mais elevada no município de Catumbela (Tabela 8). Tal poderá estar relacionada com a falta de tratamento das águas e a existência de bactérias, pois os teores de Fe nas águas amostradas são baixos. Os teores de Cu e de Zn das águas analisadas são também “inofensivos” para a saúde humana.

7. Conclusões

- A região de Lobito possui um clima quente semi-árido, precipitação anual inferior a 200 mm, a humidade do ar ultrapassa os 75% e nesta região podem ser identificados dois aquíferos: o aquífero cársico nos calcários e margas do Albiano e o aquífero do delta do Catumbela, nos sedimentos terrígenos.
- Na generalidade a temperatura da água do aquífero cársico é inferior à temperatura da água do aquífero do delta.
- As águas do aquífero cársico têm na generalidade mais elevados valores de pH, condutividade elétrica e alcalinidade do que as águas do aquífero do delta.
- As águas do aquífero do delta possuem valores de ORP negativos e inferiores às águas do aquífero cársico.
- Todas as águas analisadas no aquífero cársico, e uma analisada no aquífero do delta, possuem valores de TDS que as tornam impróprias para rega e algumas, em ambos os aquíferos, não devem ser usadas para consumo devido à sua alta salinidade.
- Não foram detetados nitritos e amónia nas águas analisadas, nem nitratos nas águas do aquífero do delta. Uma amostra no aquífero cársico está contaminada em nitratos.
- As águas analisadas não estão contaminadas em Cu, Fe, Zn e Cr(VI). A maioria está contaminada em fosfatos.
- Apenas no aquífero do delta se detetaram teores de Cr(VI), embora abaixo dos limites legislados para consumo humano.

- A percentagem de pessoas com problemas de visão (40%) e alergias (80%) é bastante superior nos residentes do município de Catumbela, relativamente aos residentes no município do Lobito.
- Dos 40 % dos residentes no município de Catumbela com problemas de visão, cerca de 17% têm transplante de córneas. Estes problemas estarão muito provavelmente associados à inalação e ingestão (consumo ou via rega) das águas enriquecidas e mesmo contaminadas em Cr(VI).
- Em ambas as regiões em estudo se verificou uma elevada percentagem das doenças renais. A dureza das águas analisadas poderá ser a causa deste problema, mas não é de excluir que o problema se deva à atividade profissional.

8. Referências Bibliográficas

Andrews J.E., Brimblecome, P., Jickells, T.D., Liss, P.S. (1996). An Introduction to environmental Chemistry. Blackwell Science, 209 pp.

ASTDR. Toxicological profile for Chromium. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services. 458 pp.

Bhattacharya, J. P., Walker, R. G. (1992).Deltas. In: Facies Models: Response to Sea – Level Change (Eds. R. G. Walker and N.P. James). Geological Association of Canada, St John's. 177 pp.

Cabral, J.J.S.P.,(2000). Movimento das águas Subterrâneas. IN: Feitosa, F.A.C. & Filho, J. M. (Coord). Hidrogeologia conceitos e Aplicações. 2ª Ed. CPRM, fortaleza, 320 pp.

Cassola J.F.C (2011). Interação água-sedimento no rio Catumbela na região de Benguela, Angola. Tese de Mestrado não publicada. Universidade de Coimbra, 49 pp.

Colombo, C., Oates, C.J., Monhemius, A.J., Plant, J.A. (2008) Geochemistry, Exploration, Analysis, 8, 91-101.

Cavantchane, B. M. N. (2013). Caracterização Hidrogeoquímica das águas subterrâneas nas zonas rural e urbanas na região do Lubango – Angola. Tese de Mestrado não publicada. Universidade de Coimbra, 51 pp.

Cruz, J.R. (1940). Clima de Angola; elementos de climatologia, Sem Editor, Lisboa. 96 pp.

DECRETO LEI nº 236/98 de 01 de Agosto. Diário da República, Nº 176 – 01.08.1998 – I Série – A. Ministério do Ambiente, Lisboa. 19 pp.

DECRETO LEI nº 306/2007 de Agosto. Diário da República, Nº 164/2007 – I Série. Ministério do Ambiente, do Ordenamento e do Desenvolvimento Regional. Lisboa, 19 pp.

Filho, J.M., (2000) Água Subterrânea: Histórico e Importância. IN: Feitosa, F.A.C. & Filho, J. M., (Coord). Hidrogeologia conceitos e Aplicações. 2ª Ed. CPRM, fortaleza, 320 pp.

Galvão, C.F., PORTUGAL A. (1971) - Carta Geológica de Angola, Folha 227-228, Lobito, à escala 1: 100 000.

Galvão, C.F., Silva Z. (1972). Carta Geológica de Angola à escala 1/100.000. Notícia explicativa da folha nº 227 – 228 (Lobito). Dir. Provo. Serv. Geol. Minas de Angola, Luanda.

González, A. D., Francisco, K. (1982). Atlas Geográfico. Volume 1. Ministério da Educação da República Popular de Angola, Estocolmo, 49p.

GSJ (2005)- Atlas of Eh-pH diagrams- Intercomparison of thermodynamic databases. Geological Survey of Japan. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 285 pp.

Iritani, M. A., Ezaki, S.(2008). As águas subterrâneas do Estado de São Paulo. Cadernos de Educação Ambiental. Governo do Estado de S. Paulo, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 104 pp.

Minua. (2006). Relatório do estado geral do ambiente em Angola. Disponível em Angola_Relatório%20do%20Estado%Geral%do%Meio%Ambiente_Por t. pdf. Acedido em 05/05/2012. 326 pp.

Nordstrom, D.K., Wilde, F.D. (2005). Reduction-oxidation potential (electrode method). USGS, TWRI, Book, 9.

Parron, L. M., Muniz, D. H. F., Pereira, C. M. (2011). Manual de procedimentos de amostragem e análise físico – química de água 1ª Edição. Colombo PR 69 pp.

Passasi, M. Cavita, J.R.R., Sequeira, G. (2012). Lobito Limpo...Lobito Feliz - Histórico da limpeza urbana na cidade de Lobito. Administração Municipal de Lobito, 26 pp.

Pedrozo M.F.M., Lima, I.V. (2001). Ecotoxicologia do cobre e seus compostos. Salvador. Centro de Recursos Ambientais. 2001. 128 pp.

Pinho, C.A., Carvalho F. F. (2010). Prospecção, pesquisa e produção de petróleo em Angola o papel desempenhado pelas companhias petrolíferas. Geologia das ex-colónias de África, Angola. Volume III, Capítulo II. 61 pp. In Neiva, C. J.M., Ribeiro, A., Victor, M.L., Noronha, F., Ramalho, M.M. Ciências geológicas: Ensino, investigação e sua história., volume 3, 86 pp.

Press, F., Siever, R., Grotzinger, J., Jordan, T.H. (2006). Para Entender A Terra 4ª Edição Bookmam 656 pp. Tradução Brasileira.

Quinzeca, D. C. (2012). Distribuição de elementos radioactivos em depósitos sedimentares. Caso de estudo do delta do Catumbela. Tese de Mestrado não publicada. Universidade de Coimbra, 75 pp.

Reimann, C., Caritat, P.(1998). Chemical Elements in the Environment. Factsheets for the Geochemist and Environment Scientist. 398 pp.

Rossi, P., Miranda, J.H., Duarte, S.N. Curvas de distribuição de efluentes do íon nitrato em amostras de solo deformadas e indeformadas. Artigo (graduação) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" ESALQ/USP, Piracicaba. 2007.

Sabino, M. (2008) Geografia da 8ª classe: Manual do aluno I Ciclo do Ensino Secundário, Angola.

Santos, A.C., (2000). Noções de Hidrogeoquímica. IN: Feitosa, F.A.C. & Filho, J. M. (Coord.). Hidrogeologia conceitos e Aplicações. 2ª Ed. CPRM, Fortaleza, 320 pp.

Silva, L. S. (2011) Dinâmica sedimentar recente em três áreas do delta do rio Catumbela: Contribuição para o ordenamento do território. Tese de Mestrado não publicada Universidade de Coimbra, 68 pp.

Tchikwala, E.F. (2010). Caracterização físico-química e avaliação de impactes antrópicos na água do rio Catumbela, Benguela - Angola. Tese de Mestrado, não publicada. Universidade de Coimbra, 42pp.

White, W.M. (1998). Geochemistry. Livro on-line em:

<http://www.geo.cornell.edu/geology/classes/geo455/Chapters.HTML> acedido em 2007.

WHO (2004). Guidelines for Drinking – Water Quality. Volume 1.3rd Edition.

WHO (2008). Guidelines for Drinking – Water Quality. Volume 1.3rd Edition, 668 pp.

Anexo I

Questionário Aplicado

			Ano	Mês	Dia
Catumbela	Lobito				
		Data Avaliação			
		Data Nascimento			
		Idade Cronológica			

Zona Geográfica		Área de Residência						
Litoral	Interior	P. Urb	M. Urb	P. Rur	Homem		Exclusão	
					Mulher		Inclusão	

Escolaridade:				
Até 4	5 a 9	10 a 12	>12	

<p>Local de Nascimento:</p> <p>Estado civil:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">Casado/União</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Facto</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Divorciado/Separado</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Solteiro</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Viúvo</td> <td></td> </tr> </table> <p>Agregado Familiar: _____</p>	Casado/União		Facto		Divorciado/Separado		Solteiro		Viúvo		<p>Morada: Freguesia _____</p> <p>Concelho: _____</p> <p>Distrito: _____</p> <p>Actividade Profissional: _____</p> <p>Situação Profissional Anterior: _____</p> <p>Profissões Agregado: _____</p>
Casado/União											
Facto											
Divorciado/Separado											
Solteiro											
Viúvo											

DADOS CLÍNICOS

Problemas de saúde actuais ou passados:	Medicação:	Cirurgias:

Antecedentes familiares doença _____

Consumo de álcool: _____

Problemas de

Visão: _____

Problemas

Auditivos: _____

Problemas Motores: _____

Notas

:

Atividade Agrícola	Sim	Não
Dedica/dedicou algum do seu tempo à produção		
Se sim, consome esses produtos?		
Quais?		
Se sim, utilizou pesticidas nos últimos 3 anos?		
Qual a proveniência da água com que rega esses produtos?		

Atividade Industrial	Sim	Não
Já trabalhou em alguma indústria?		
Se sim, qual?		
Se sim, função?		
Se sim, período de tempo (de a..)		

Alimentação	Legumes	Fruta	Carne	Peixe
Por dia, quantas vezes come?				
Onde costuma obter? (Mercearia Local/Hipermer/Doméstico)				

Abastecimento de água	Sim	Não
Rede púb. dentro casa		
Rede púb. fora de casa		
Se sim, faz tratamento? qual		
Outro, qual?		

Consumo de água	Sim	Não

Bebe água todos os dias?			
Quantos copos/dia ou			
Torneira		Poço	
		Garrafa	

Anexo 2

Tabela 1X - Indica o hábito de consumo da população na área de estudo.

	Hábitos de consumo da população na área de estudo			
	Região do Lobito		Região de Catumbela	
	Frequência	%	Frequência	%
Legumes	9	30	30	100
Frutas	6	20	30	100
Carne	8	27	20	67
Peixe	30	100	5	17
Consumo de álcool	18	60	10	33

Tabela 2X - Indica o abastecimento e consumo de água na área de estudo.

	Abastecimento e consumo de água na área de estudo			
	Região do Lobito		Região de Catumbela	
	Frequência	%	Frequência	%
Torneira	10	33	25	83
Poços	20	67	5	17