

Capítulo 1- Introdução

1.1. Importância da água

A *água* é um recurso natural de valor inestimável. Tem grande importância histórica porque muitos povos se instalaram nas margens dos rios por causa de seu papel no abastecimento de água, no transporte, na irrigação de áreas agrícolas, no fornecimento de energia, etc.

Mais que um bem indispensável à produção é um recurso estratégico para o desenvolvimento económico. Ela é vital para a manutenção dos ciclos biológicos, geológicos e químicos. É, ainda, uma referência cultural e um bem social indispensável à adequada qualidade de vida da população. A qualidade da água funciona como um meio de diagnóstico do estado de conservação do ambiente pois a partir da sua análise é possível determinar o grau de erosão dos solos, os resíduos orgânicos, a poluição por esgotos e até mesmo a poluição atmosférica.

Recentemente muito se tem falado a respeito da "crise da água", e especula-se sobre a possibilidade da escassez deste recurso vital se tornar motivo de guerras entre países. A água doce disponível no mundo é limitada. O problema não é tanto a quantidade mas sim a qualidade desse recurso, que se tem tornado cada vez pior devido ao mau uso e a uma gestão inadequada. Em muitas regiões da Terra, as águas subterrâneas foram, são e continuarão a ser fundamentais para o desenvolvimento socioeconómico, o que as transformam num bem estratégico a ser racionalmente explorado, de modo a assegurar sua disponibilidade para as gerações futuras. Torna-se necessário, portanto, o desenvolvimento de um processo sistemático de organização, análise e compatibilização dos usos múltiplos dos recursos hídricos, dentro de uma visão prospectiva do problema, de modo a garantir a utilização racional e a disponibilidade das águas.

1.1.1 Disponibilidade hídrica na Terra

Pode-se considerar a Terra como um "planeta de água" pois ela cobre três quartos da superfície terrestre.

A quantidade de água existente no planeta Terra (como se mostra no gráfico da figura 1) é considerada constante nos últimos 500 milhões de anos, porém a maior parte dela está contida nos mares e nos oceanos logo como água salgada.

Como se pode verificar, cerca de 97% da água existente no planeta é salgada, restando apenas menos de 3% de água doce, da qual, cerca de 2% encontra-se nos glaciares, no estado sólido, o que significa que não pode, para já, ser utilizada para consumo. Assim, menos de 1% de água encontra-se localizada no subsolo, nos rios e outros cursos de água e é esta que constitui a reserva de água potável.

As fontes de água doce, as mais vitais para os seres humanos, são justamente as que estão mais expostas aos agentes poluentes. São muitos os lugares da Terra que correm sérios riscos de ficar definitivamente sem água doce. A degradação da qualidade de água tem efeitos nefastos sobre a flora, a fauna e a saúde humana.

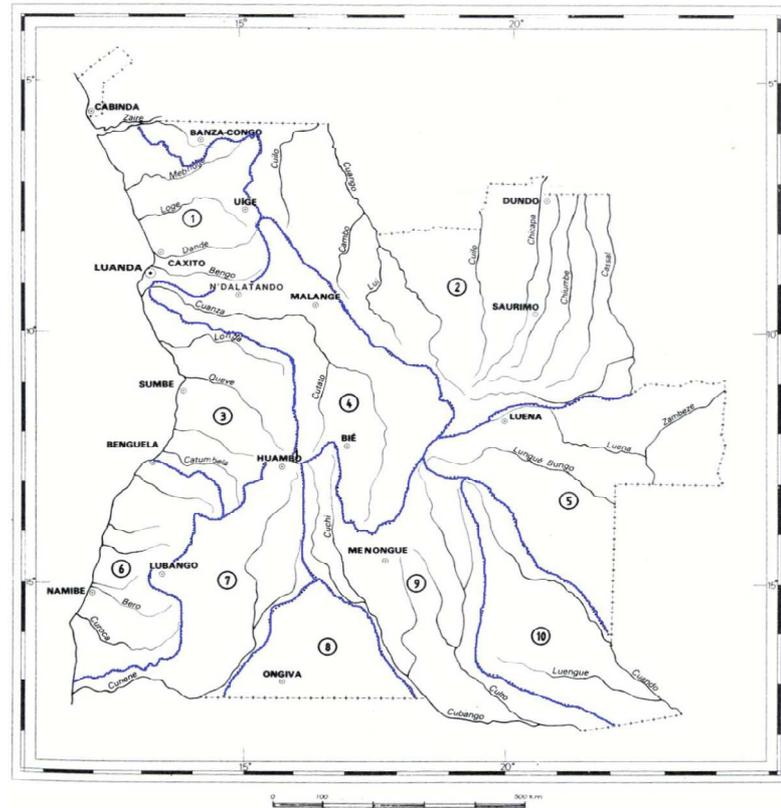
1.1.2. Problemas de água em Angola

A disponibilidade de água em Angola é elevada pois é um país rico em recursos hídricos, com chuvas frequentes em quase toda a extensão do território nacional (Relatório dos países lusófonos, 2009/2010).

Angola é beneficiada pela natureza, pois tem uma rede hídrica invejável e diversificada, com cerca de 50 bacias ou sub-bacias direccionadas para 5 vertentes que cobrem quase na sua totalidade a superfície do país:

- Atlântico - 41 %;
- Zaire (ou Congo) - 22%;
- Zambeze - 18%;
- Okavango - 12%;
- Etosha - 4%

Na figura 1 são representadas as 10 principais bacias hidrográficas.



Bacias do Noroeste Angolano.....	1	Bacias do Sudoeste Angolano.....	6
Bacia do Zaire.....	2	Bacia do Cunene.....	7
Bacias do Centro-Oeste Angolano.....	3	Bacia do Cuanhama.....	8
Bacia do Cuanza.....	4	Bacia do Cubango.....	9
Bacia do Zambeze.....	5	Bacia do Cuando.....	10

Figura 1- Principais bacias hidrográficas da Angola (Diniz, 2002).

Apesar das reconhecidas potencialidades, quer a nível de distribuição de água potável, quer a nível agrícola e de potencial piscícola (que poderia providenciar proteína animal para as populações rurais), quer de potencial eléctrico, os fluxos nacionais de água permanecem bastante subaproveitados (Plano Nacional de Gestão do Ambiente, 2005).

As barragens existentes em Angola têm como finalidade principal a regularização do caudal, produção de energia eléctrica e irrigação.

O país possui cerca de 10 grandes barragens hidroeléctricas construídas durante o tempo colonial, que, na sua maioria, se encontra inoperante por terem sido destruídas durante a guerra e/ou por falta de manutenção.

A desigual distribuição da água em Angola deve-se, em parte, à falta de mecanismos modernos para o seu aproveitamento e redistribuição, como sejam reservatórios e dispositivos de canalização, limpeza e filtragem.

Nas regiões de grandes concentrações populacionais em Angola nomeadamente, nos centros urbanos, onde é grande a taxa de crescimento populacional, a poluição tornou-se num dos principais factores de degradação da qualidade da água. Este cenário mostra que devem ser desenvolvidos procedimentos e técnicas no sentido de diagnosticar os fenómenos que prejudicam as massas de água superficiais e subterrâneas, tomando atitudes preventivas e mesmo correctivas no caso de eventos incontornáveis.

Angola tem de proteger os seus recursos hídricos para melhor os poder defender e gerir com racionalidade.

Para além da prevenção é necessário tomar consciência de que a poluição não conhece fronteiras, sendo urgente tomar medidas para reduzir drasticamente todas as fontes emissoras de poluentes. Angola está na centésima sexagésima primeira posição do relatório sobre o índice de desenvolvimento humano. O relatório publicado pelo PNUD (na Cidade do Cabo, África do Sul, 2006) revela que a crise crescente de água e de saneamento, que causa quase dois milhões de óbitos infantis por ano no mundo, e impõe a adopção urgente de um plano de acção global. Neste relatório reivindica-se o direito de cada ser humano a 20 litros de água potável por dia.

1.1.3. Problemática da Água no Lubango

Devido à instabilidade política registada nos últimos 20 anos, a Província da Huíla, com sede na cidade do Lubango, sofreu um aumento da densidade populacional dos povos vindos de diferentes partes do país, particularmente das províncias do planalto central (Bié e Huambo), do leste (Kuando Kubango) e do sul (Cunene). Este fenómeno levou ao aumento das zonas periurbanas e, como não poderia deixar de ser, aumentou a procura de água.

Como não foi aprovado o PDPL em 2000, o governo local não teve o suporte jurídico-legal para controlar a massiva onda de construções anárquicas, bem como a invasão de perímetros não autorizados, previstos no perfil dos serviços técnicos do Lubango da era colonial.

A continuarem estas acções, prevê-se igualmente uma poluição de origem superficial nas bacias, por causa do uso e ocupação dos solos de forma inadequada. As acções humanas têm afectado o sistema de renovação dos recursos hídricos: as bacias hídricas já perderam mais da metade da sua cobertura vegetal, causando a redução no volume das águas. (PDPL, 2000).

Assim, o principal problema na cidade do Lubango não é a escassez de água mas sim a diminuição da quantidade de água potável, devido à falta de saneamento, e à utilização inadequada das águas na irrigação (considerada responsável por dois terços do consumo em todo mundo).

Por isto, torna-se assim urgente, a necessidade de preservação e recuperação dos recursos naturais, especialmente na área urbana e no seu contexto, tendo em vista o grau de degradação ambiental em que se encontra e, sobretudo, porque é na cidade que a degradação é ou se mostra mais intensa.

A envolvente da zona em estudo, onde está o bairro Camanamana, constitui um importante valor histórico, natural, provincial e regional, e está igualmente considerada pelo Governo local, como foco de interesse para a conservação da natureza, sem no entanto se definirem os aspectos relevantes. A água, devido à exploração irracional e à falta de políticas conservacionistas, está a tornar-se um recurso cada vez mais escasso. É fundamental a pesquisa de novas formas de localização e obtenção desse precioso recurso, bem como apostar na sua conservação e recuperação.

1.2. As águas subterrâneas

As águas subterrâneas correspondem às águas que ocupam os poros e as fendas das rochas na crosta da Terra. Constituem importantes reservas naturais de água.

As águas subterrâneas vêm assumindo uma importância cada vez maior como fonte de abastecimento devido a uma série de factores que restringem a utilização das águas superficiais, o aumento dos custos da sua captação, adução e tratamento, além dos problemas e facilidade de contaminação inerentes às águas superficiais. A água subterrânea está sendo reconhecida como uma alternativa viável para os utilizadores e tem apresentado uso crescente nos últimos anos, sendo obtida através de poços, bem localizados e construídos. O maior interesse pelo uso

da água subterrânea vem sendo despertado, pela maior oferta deste recurso e por causa do desenvolvimento tecnológico que promoveu uma melhoria da produtividade dos poços e um aumento da sua vida útil (Ferreira, 1989).

A água subterrânea pode resultar também da infiltração de água proveniente de correntes, lagos, pântanos, lagos artificiais de recarga e sistema de tratamento de água. Independentemente da sua fonte, a água subterrânea movendo-se através de pequenas aberturas entre o solo e partículas de sedimentos e espaços nas rochas, acaba por perder muitas das impurezas, como microrganismos que causam doenças e muitos poluentes. No entanto, nem todos os solos e rochas são bons filtros, algumas vezes pode também estar presente material indesejável que contamina a água subterrânea.

A assinatura da água subterrânea e logo a sua qualidade resulta, em princípio, da dissolução de alguns dos minerais constituintes das rochas que formam os aquíferos por onde elas percolam. Mas ela pode sofrer a influência de outros factores como a composição da água de recarga, do tempo de contacto, do clima e até mesmo da poluição causada pelas actividades humanas. A qualidade é definida pelas características físicas, químicas e biológicas da água. A água subterrânea sempre foi vista como uma fonte inesgotável de abastecimento. Embora a água seja um recurso renovável, poucos aquíferos podem suportar enormes e indefinidas taxas de extracção. Para assegurar o fornecimento de água subterrânea para as gerações futuras, a filosofia do desenvolvimento sustentável preconiza que a extracção de água de um aquífero nunca deve exceder a sua recarga. Quando a extracção de água subterrânea ultrapassa a recarga natural, por longos períodos de tempo, os aquíferos começam a sofrer alterações e o nível médio do lençol freático começa a baixar.

A gravidade fornece a energia necessária para o movimento descendente da água subterrânea. A água que penetra no solo move-se, verticalmente, através das zonas de alteração e não saturadas.

Quando a água alcança o lençol freático ela continua a mover-se, horizontalmente, no sentido de níveis piezométricos mais baixos até reaparecer à superfície, tipicamente em nascentes, dirigindo-se a rios, lagos ou pântanos.

A velocidade da água subterrânea varia amplamente e depende de muitos factores. As velocidades variam desde 250 m por dia em material extremamente

permeável até menos de alguns centímetros por ano, em materiais quase impermeáveis. Segundo Wicander & Monroe (2009), nos aquíferos mais comuns a velocidade média da água subterrânea é de alguns centímetros por dia (Fig. 2). A área, objecto de estudo neste trabalho, é caracterizada pela presença de aquíferos livres – onde uma zona superior, permeável e saturada de água assenta em camadas impermeáveis que servem de base.

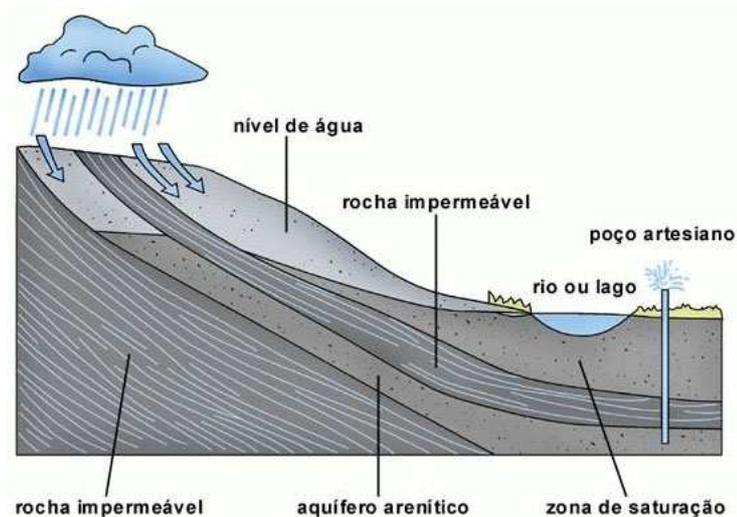


Figura 2 – Perfil hidrogeológico expressando a ocorrência de unidades aquíferas (em hidrogeologia.no.sapo.pt/aquiferos.htm).

1.3. Objectivos

Os objectivos principais deste trabalho de investigação são:

- Caracterização física de um sector da bacia hidrográfica do rio Ngolo, Lubango, Angola, nomeadamente dos níveis geológico e hidrogeológico;
- Reconhecimento dos usos e ocupações do solo neste sector, bem como identificação das actividades antrópicas;
- Avaliação dos impactes daquelas actividades nos diversos componentes ambientais, nomeadamente nas massas de água naturais que evoluem na zona estudada.

Como objectivos secundários, indicam-se:

- Apresentação dos enquadramentos topográficos e climatológicos regionais;
- Formulação de medidas gerais, pontuais e/ou excepcionais para a boa gestão e preservação das massas de água locais, assim como para a sustentabilidade das mesmas e do meio ambiente;
- Indicação de directrizes de carácter genérico para o bom ordenamento do espaço físico estudado.

1.4. Metodologias

A elaboração deste trabalho baseou-se principalmente em:

- Recolha de elementos bibliográficos referentes à região, à temática em análise;
- Desenvolvimento das actividades de campo direccionadas para:
 - Reconhecimento geológico;
 - Reconhecimento da cobertura vegetal;
 - Reconhecimento dos pontos de água;
 - Medição dos parâmetros físico-químicos da água;
- Estudos de gabinete para integração da informação colhida e redacção da dissertação.

Capítulo 2. Enquadramento regional

Neste capítulo apresenta-se o enquadramento regional da zona estudada. Abordam-se os seguintes aspectos: geografia, administração, geologia, climatologia e hidrografia.

2.1. Geografia e Administração

A área em estudo situa-se no Município do Lubango, Angola, mais concretamente na periferia da cidade com o mesmo nome que é a capital da província da Huíla. O município situa-se na zona Sudoeste de Angola, tem uma altitude média superior a mil metros, e é limitado a Norte pelos Municípios de Quilengues e de Cacula, a Leste pelo Município de Quipungo, a Sul pelo Município da Chibia e a Oeste pelos municípios da Humpata e da Bibala (este pertencente à Província do Namibe). O município tem uma extensão de 3.140 km², possui quatro comunas (Hoque, Huila, Arimba, Quilemba) e 13 administrações de Bairros que têm estatutos de comunas por força do Artigo 1.º da Resolução n.º 7-82, de 6 de Abril da então Assembleia do Povo.

O Município do Lubango possui uma população estimada em 1.414.000 habitantes (Administração Municipal do Lubango, 2010) o que corresponde a uma densidade populacional no município de aproximadamente 450 habitantes por km². O clima é tropical de altitude, tem uma temperatura média anual 20°C e tem uma média anual pluviométrica superior a 900 mm. O mês de Julho é o mais frio do ano e os meses de Outubro e Novembro são os mais quentes. A vegetação é predominante caracterizada por árvores típicas de savana (p.e. brachystegia e julbernardia) no meio de estratos herbáceos, típica das regiões de pseudo-estepe (PDPL, 2000).

As chuvas mais intensas ocorrem geralmente entre o fim de Janeiro e o fim de Março com uma queda pluviométrica superior a 900mm, e a época de frio vai de Maio a Agosto, e o período quente do ano decorre entre os meses de Setembro a Abril (Medeiros, 1976).

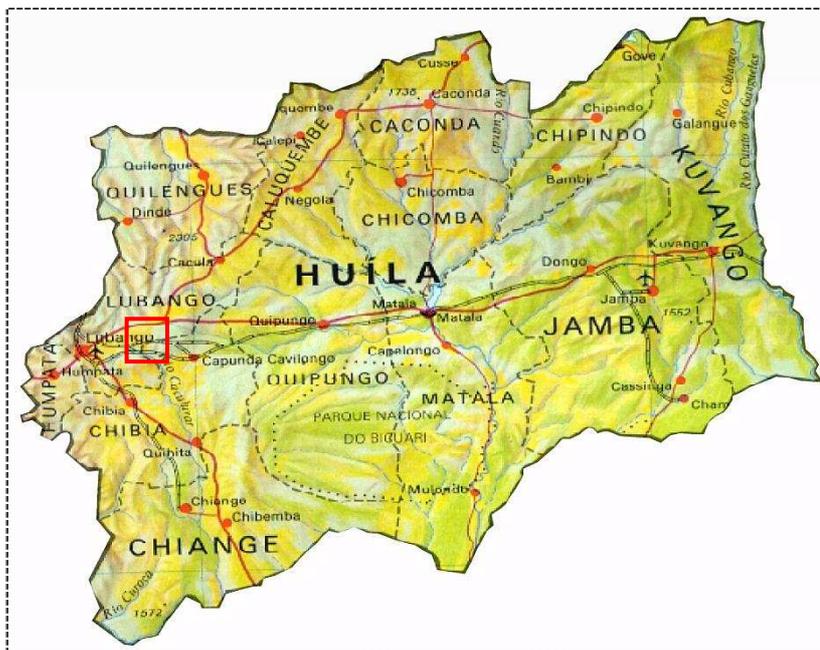


Figura 3 – Enquadramento geográfico e administrativo da região em estudo (caixa vermelha).

2.2. Geologia e geomorfologia

O território angolano divide-se em três grandes unidades geológico-geomorfológicas (Fig. 4). Estas unidades são:

- Formações de Cobertura
- Orla Sedimentar Litoral
- Maciço Antigo

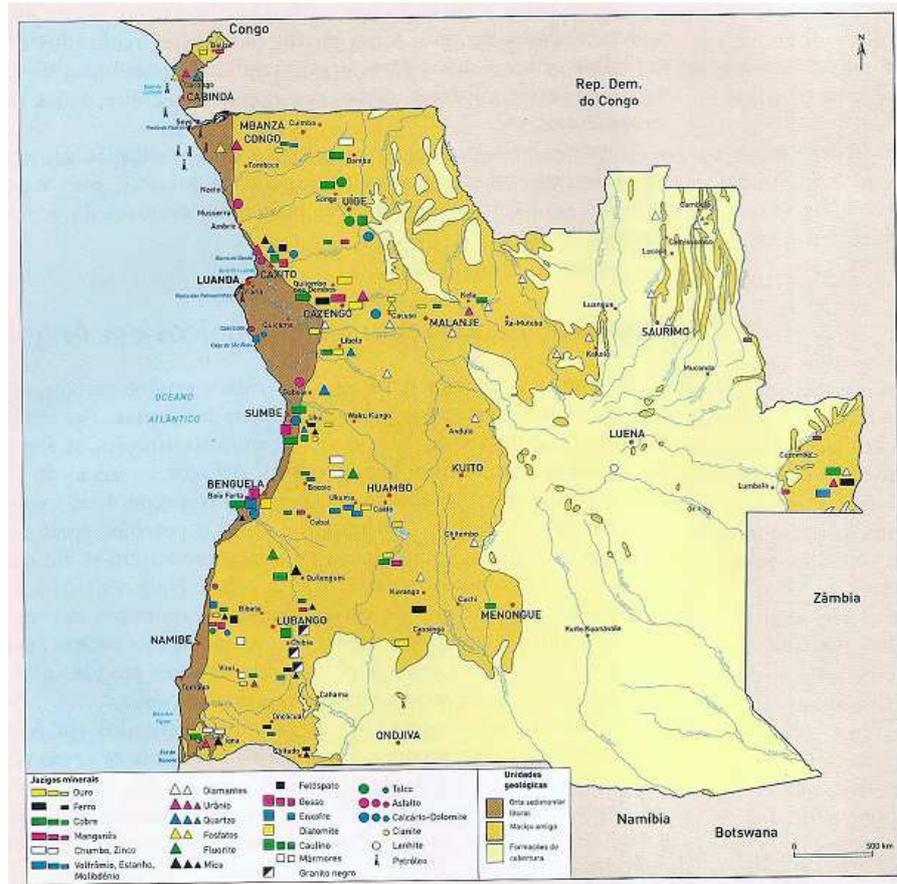


Figura 4 – Geologia de Angola e principais recursos naturais (Geologia Geral de Angola, Manual do Ensino Médio -11^o Ano de escolaridade).

Nos domínios estudados ocorrem formações geológicas das unidades do Maciço Antigo e das Formações de Cobertura.

Maciço antigo

Esta grande unidade geológica ocupa uma zona extensa de Angola, ao longo de uma faixa sub-litoral, que toma maiores dimensões no centro e sul do país. Na província da Lunda Norte, nas zonas mais baixas, encontramos rochas muito antigas do Maciço antigo, ao passo que, nas zonas mais elevadas, aparecem já formações rochosas mais recentes.

Formações de cobertura

Ocupam a maior área do país e resultam, essencialmente, da acumulação de sedimentos resultante da acção erosiva das diversas forças externas que ao longo dos tempos geológicos, foram modificando o relevo de Angola.

Orla Sedimentar Litoral

Ocupa uma posição costeira no território angolano. São áreas constituídas por rochas sedimentares posteriores às rochas do Maciço Antigo pois começaram a formar-se no Mesozóico continuando a sua formação no Cenozóico.

Segundo Marques (1977) Angola está dividida em seis unidades geomorfológicas:

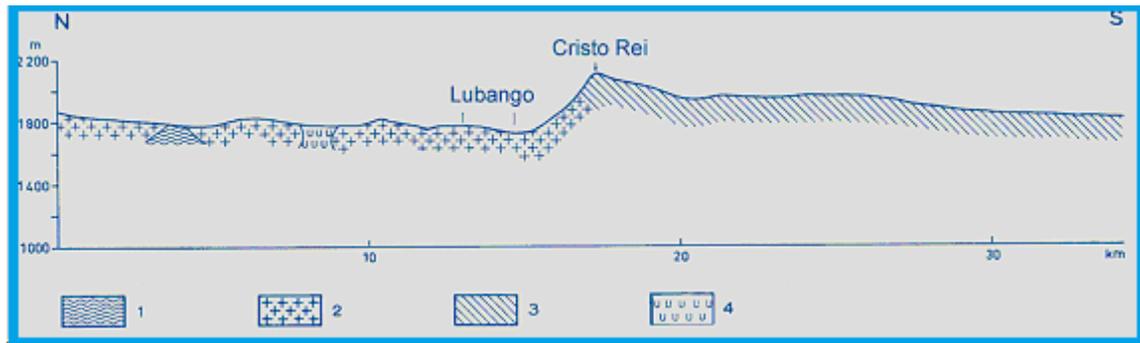
- Planalto Central, caracterizado por uma extensa superfície aplanada no Cretácico Superior;
- Cadeia Marginal de Montanhas, constituída por relevos muito acidentados, resultantes da movimentação em flexura do flanco Atlântico;
- Zona de Transição, caracterizada pela presença de vários patamares que podem corresponder, ou não, a uma aplanção deformada;
- Orla Meridional da Bacia do Congo, cujo relevo é condicionado pela tectónica de subsidência que afecta a bacia do Congo;
- Orla Setentrional da Bacia do Calaári, cujo relevo está condicionado pela evolução da bacia endorreica do Cuanhama;
- Bacia do Zambeze, constituída por uma unidade que drena para o Índico e a Orla constituída por materiais resultantes da escarpa a leste.

A cidade do Lubango encontra-se murada pelos Planaltos da Humpata e do Bimbe, que constituem elementos importantes do sistema orográfico regional designado por Serra da Chela. Esta é constituída por uma série de elevações montanhosas que atingem altitudes superiores a 2000 metros.

O território da Província da Huíla encontra-se, essencialmente, no Maciço Antigo onde se podem distinguir o soco de rochas eruptivas antigas e as formações sedimentares continentais.

Os terrenos antigos ocupam cerca de dois terços da área da província da Huila (a Norte e a Ocidente).

O Lubango encontra-se na superfície IV, junto à passagem para a superfície V definidas por Jessen (1936) (Fig. 5).



1 - Complexo de Base (Micaxistos, Anfibolitos, Gnaisses e Migmatitos); 2 - Granitos; 3 - Quartzitos da Formação do Bruco; 4 - Doleritos.

Figura 5 - Corte Geológico na área do Lubango com direcção N-S (PDPL, 2000).

A escarpa da Chela corresponde a um traçado marcante e grandioso que segundo Medeiros (1976), individualiza com precisão as superfícies V e IV (definidas por Jessen em 1936) atravessa a província de norte a sul em curvas largas com desníveis de 1000m a 1500m, na qual se consideram cinco troços de características diferentes. Esta escarpa corresponde à orla do Planalto da Huila, mas, vista do litoral, dá a impressão de uma serra de encosta abrupta.

A importante escarpa da Chela, com centenas de metros de altura está coroada por possante bordo talhado em rochas de tipo quartzito e vulcânicas pertencentes à base da série média das formações do Pré-Câmbrico ao Silúrico (Pereira *et al*, 2011), secundadas por rochas argilosas ou conglomeráticas, também metamorfizadas. Estas rochas com disposição, sensivelmente horizontal, e repousando sobre o granito, constituem, o topo do esporão do Planalto da Humpata, sobranceiro à cidade do Lubango.

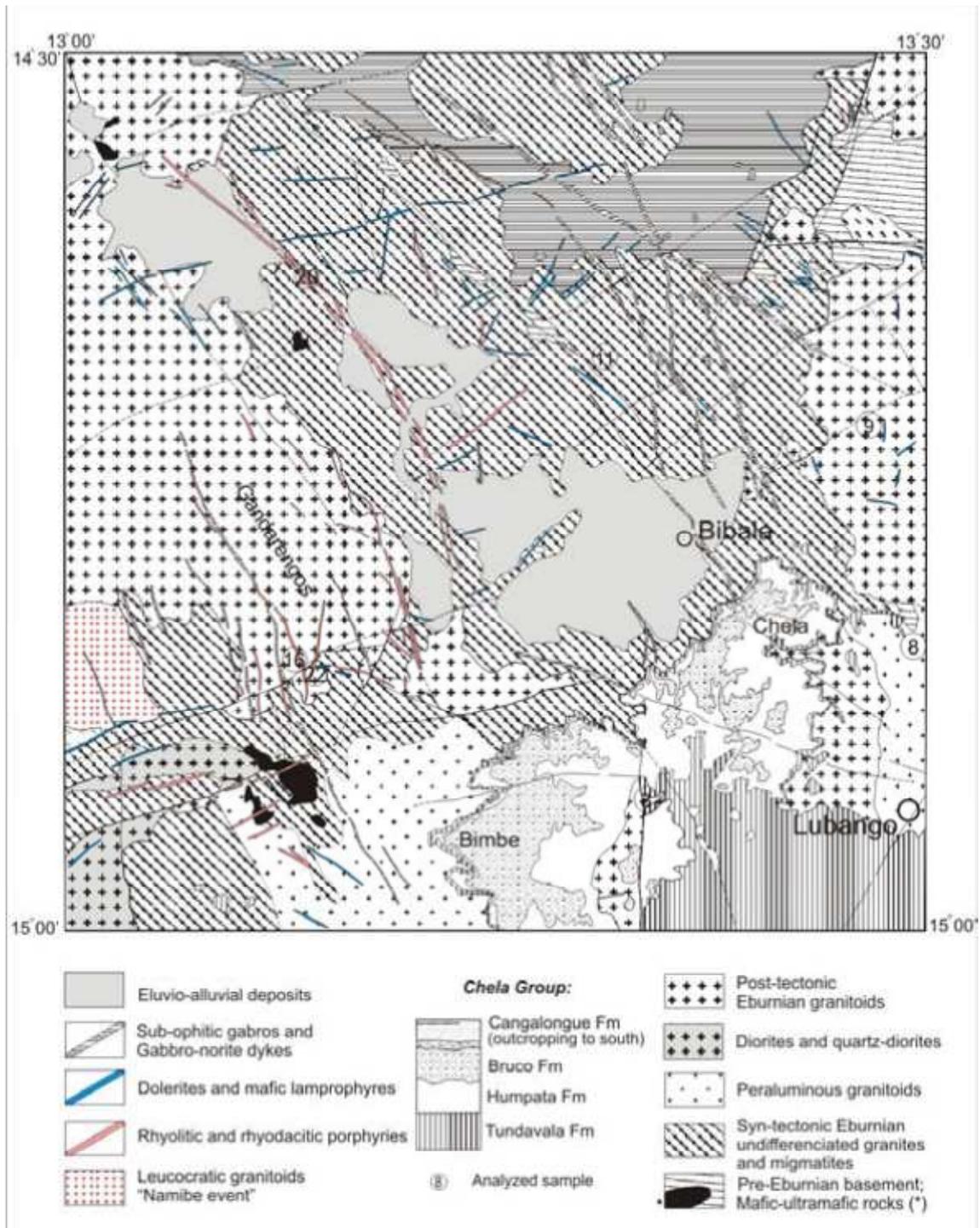


Figura 6 - Mapa geológico esquemático da região de Lubango- Bibala (Pereira *et al*, 2011).

A maior mancha deste sistema aparece na Humpata, onde predominam as rochas gresosas (grés e quartzitos), e os calcários dolomíticos, tendo também sido assinalada a ocorrência de xistos. Todas estas formações foram cartografadas como pertencendo à série xisto-calcária. Das outras manchas do Sistema do Bembe, a da Cahama-Ediva e a do Cunene (Iacavala) são pouco importantes e constituídas por

xistos, grés e conglomerados (só nesta última), e na do Curoca, já bastante extensa, predominam rochas essencialmente gresosas (grés, quartzitos e por vezes xistos). Esta última mancha prolonga-se para norte do rio Curoca e inflecte, segundo as cartas existentes, para leste, aproximando-se do Pocolo, enquanto para oeste desta povoação (cerca de 15 km) encontram-se granitos e gneisses.

Os riolitos são intrusivos na formação Tundavala da base do Grupo Chela e devem estar na origem dos piroclastos característicos da Formação Humpata. O intervalo de tempo entre 1814-1810 Ma, obtido para o vulcano-plutonismo intrusivo no Grupo da Chela, restringe a idade mínima deste Grupo e permite definir o intervalo 1947-1810 Ma como o principal período de deposição desta sequência sedimentar, em ambiente pós-orogénico.

Segundo Correia (1976) a sequência estratigráfica que compõe o Planalto da Humpata-Bimbe (Grupo da Chela) está assente sobre uma base irregular de granito em disposição horizontal que apresenta de baixo para cima (figura 7) a seguinte sequência:

- 1- Granitos do soco
- 2 - Arenitos arcósicos (Formação da Tundavala)
- 3 – Cineritos e rochas vulcanoclásticas (Formação da Humpata)
- 4 - Quartzitos da Formação do Bruco
- 5 - Formação de Cangalongue
- 6 - Dolomitos da Formação da Leba

Granito

Esta rocha constitui a mancha mais extensa do território angolano. É uma rocha de coloração rósea ou pardacenta, por vezes cinzenta clara, de textura porfiróide, de grão médio a grosseiro e composta por minerais como o quartzo, a biotite e a oligoclase. É uma formação eruptiva antecâmblica e está relacionada com a aplanagem inferior do Planalto Central.

Arenitos arcósicos (Formação da Tundavala)

Esta formação aparece na base de uma sucessão litológica (grupo da Chela) e encontra-se normalmente no sopé das escarpas que limitam o Planalto ou nos vales mais encaixados, isto porque a ablação erosiva não foi suficiente para a fazer

aflorar à superfície topográfica actual. A espessura desta formação é muito variável e condicionada sobretudo pela morfologia irregular do substrato, aparecendo pontualmente na Ponta do Lubango (perto da capela da Senhora do Monte), no vale de Ongolo e próximo da estação zootécnica da Humpata (Correia, 1976).

Cineritos e rochas vulcanoclásticas (Formação da Humpata)

Estas cinzas apresentam-se ácidas, siliciosas, com grão fino, normalmente vitrificadas e muito compactas. Estão muito bem estratificadas, testemunhando uma sedimentação em meio aquático; têm diáclases perpendiculares às camadas, que muitas vezes podem aparentar uma estratificação vertical. Quando aparecem nas escarpas (intercalados com os quartzitos de Formação do Bruco) os vulcanitos comportam-se de forma semelhante aos quartzitos, na medida em que, por alteração, originam produtos argilosos muito finos, facilmente transportáveis.

Quartzitos da Formação do Bruco

É uma sequência de quartzitos brancos ou róseos, bem calibrados e duros, formados essencialmente por grãos finos de quartzo fortemente unidos, de fractura subconcoïdal ou concoïdal. Além do quartzo existem outros minerais que são grãos detríticos ou novos minerais formados por metamorfização do cimento do grés de que derivam. A formação pode atingir dezenas de metros de espessura e dá origem à cornija situada a sul do Lubango.

Formação de Cangalongue

É uma formação constituída por arenitos; é branda, facilmente atacada pela erosão e é visível no topo do planalto, junto ao Cristo Rei.

Dolomitos da Formação da Leba

Esta formação tem uma espessura variada, determinada pela erosão, e aparece sobretudo próximo do Tchivinguiro. A dissolução diferencial relacionada com diferenças mineralógicas faz evidenciar formas de modelado cársico.

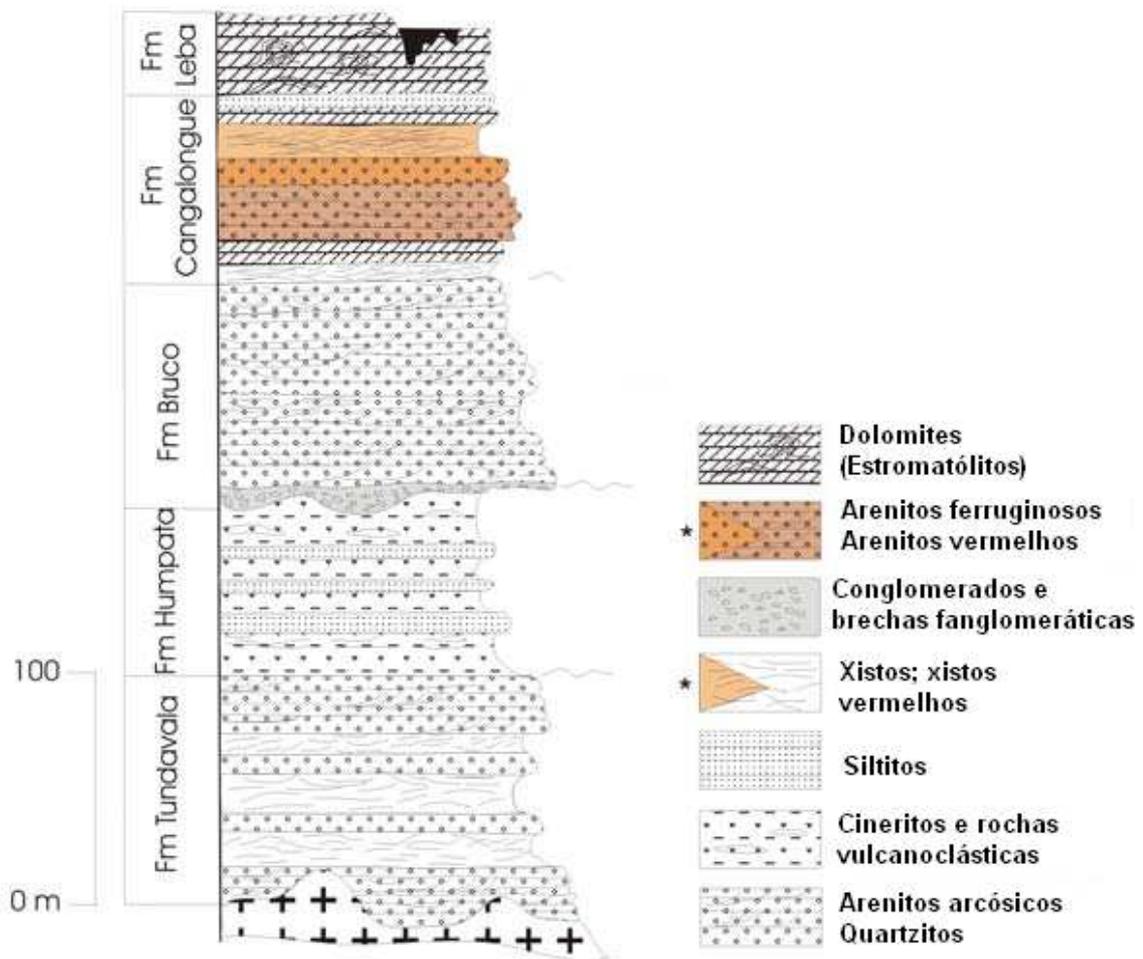


Figura 7 - Sequência litostratigráfica do Grupo da Chela (Pereira *et al.*, 2011).

As rochas das terras altas da Huíla têm grande influência na composição da água dos rios. As rochas antigas pré-câmblicas têm horizontes de alteração espessos e porosos, por isso é que a sua capacidade de infiltração e de retenção das águas das chuvas é grande. Nesta região as fontes de água subterrânea são sempre ricas e esta é uma das causas da regularização dos caudais dos rios.

Na zona da nascente do rio Mapunda afloram os quartzitos do Grupo da Chela e logo depois o rio passa a fluir sobre granito, que é a rocha aflorante na maior parte do leito do rio na região.

Tectónica

No sul e sudoeste de Angola, as formações geológicas atribuídas ao Pré-câmbrico inferior e médio apresentam-se estruturadas segundo eixos que seguem

as orientações N-S e NW-SE, enquanto as formações do Pré-câmbrico superior têm direcção NE-SW.

A tectónica que actuou na região do planalto da Humpata-Bimbe é essencialmente do tipo falha.

As acções dinâmicas que se fizeram sentir na área foram determinadas, segundo se julga, por mais do que um tipo de tectonismo e provocaram a abertura de fracturas, que, nalguns casos, foram obliteradas por rochas ígneas e deram também origem a esmagamentos e a deformações.

A existência destes acidentes tectónicos, na maior parte dos casos deduzida do estudo de fotografia aérea pode, em grande parte, ser confirmado no terreno, pela presença de rochas milonitizadas e brechas de falha, constituídas por fragmentos das rochas fracturadas. As rochas de enchimento de algumas das fracturas existentes, apresentam por vezes, uma estrutura finíssima, mostrando o estudo óptico, serem constituídas por elementos angulosos de quartzo, microclina e plagioclase, os quais se encontram envolvidos por material mais fino. Nas rochas deste tipo, aparecem também com frequência, porções vitrificadas e minerais secundário, sobretudo calcite. Os factos geológicos, mais importantes, ocorridos no sudoeste de Angola e que sobremaneira interessam a interpretação estrutural da área, teriam sido as seguintes: num dos períodos do Pré-câmbrico, possivelmente no Proterozóico e ainda no início do Câmbrio, depositaram-se sedimentos sobre o substrato granítico-gnaissico; as rochas metamórficas do sul de Angola e a formação da Chela, traduzem a existência dessas deposições, mas na área do Lubango, somente a formação da Chela está representada. (Vale e Simões, 1971). Este maciço, pelas suas características corresponde a uma extensa área de anatexia. Os substratos primitivos que não foram afectados pela acção da abertura são porém, muito raros sendo no geral representados por paragneisses, micaxistos e filádios.

2.3. Hidrografia

As características do relevo de Angola reflectem-se, em certa medida, nas características dos rios angolanos, visto que os rios correm das zonas planálticas e de montanha marginal para as regiões mais baixas. Outra característica importante destes rios é o facto de apresentarem, ao longo do seu perfil longitudinal, numerosas quedas de águas e rápidos. O relevo influencia o traçado do perfil longitudinal do rio

e determina também a existência das direcções em que corre o rio, por vezes interrompido por afloramentos rochosos. Em certos pontos o rio pode ficar interrompido do seu curso normal.

Segundo o Plano Director das Águas da Cidade do Lubango (PDAL, 2000), a disponibilidade hídrica superficial média a nível nacional é de 4.598 m³/s equivalentes a um volume anual de 145.002 hm³. Representa um escoamento superficial médio anual de 116.300 m³/km².

Angola tem 47 bacias hidrográficas consideradas importantes pelo seu papel no abastecimento de água e conservação do equilíbrio ecológico, as quais têm sido agrupadas em 11 regiões hidrográficas. Algumas bacias hidrográficas escoam para os rios internacionais, sendo elas: Zaire, Zambeze, Cuando, Cubango, Cuvelai e Cunene.

A bacia hidrográfica do rio Cunene (figura 8) domina largamente a província da Huíla, ocupando quase dois terços da sua área. Nascendo perto do Huambo, o rio Cunene atravessa a província da Huíla com direcção geral norte-sul, dividindo-a aproximadamente a meio, atravessa a província do Cunene para, no extremo sul, inflectir para oeste, servindo de fronteira com a Namíbia a partir das cataratas do Ruacaná. De regime permanente, mas muito variável, são enormes os caudais de cheia na época das chuvas e diminutos os caudais na estiagem, principalmente nos anos muito secos. O seu curso é de cerca de 1.200 km, dos quais 960 km exclusivamente em Angola. A bacia hidrográfica do rio Cunene é de 272.000 km², dos quais 150.800 km² em território angolano. É um dos poucos rios permanentes nesta região árida. O seu caudal anual médio é de 174 m³/s na foz.

Ao longo do seu curso são frequentes os rápidos e as cataratas, das quais as mais importantes são a catarata da Matala, a catarata do Ruacaná e as quedas do monte Negro. Os principais afluentes estão, na margem esquerda - rio S. Sebastião (e o seu afluente Cussava), o Cubangué, o Oci e o Chitanda, Calonga ou Colui - e na margem direita, o rio Cutenda (e seu afluente Catape), o Qué, o Sendi ou Calonga, o Caculuvale (que, pelo menos no curso inferior, é um rio de regime intermitente e o qual vai dar à Mulola Mucope), o Chitado e o rio dos Elefantes (com o seu afluente Chabicua).

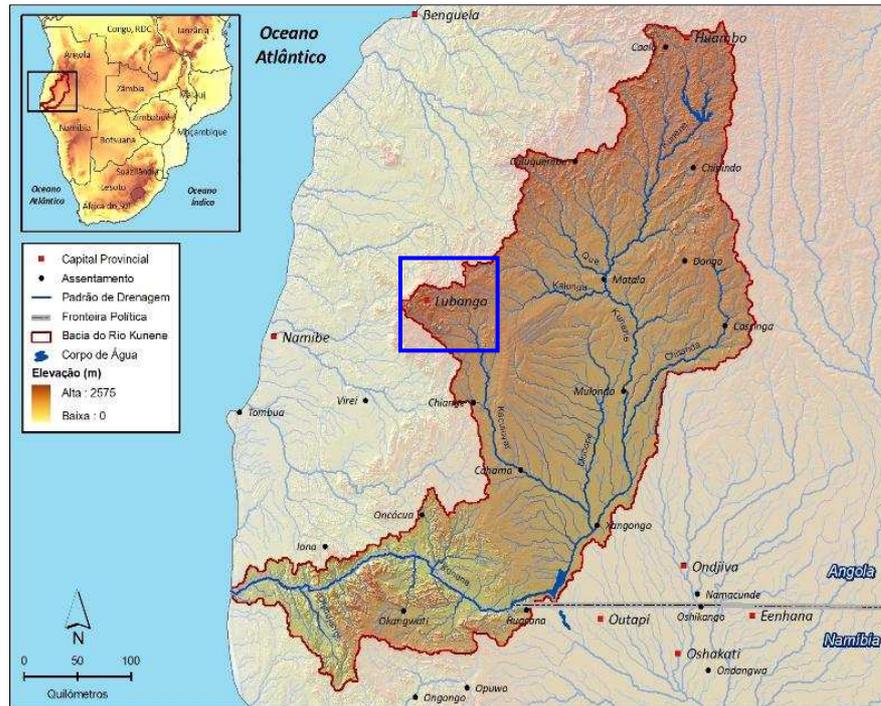


Figura 8 - Bacia hidrográfica do Rio Cunene com indicação da área de estudo (AHT GROUP AG, 2010).

A zona em estudo está inserida na bacia hidrográfica do rio Cunene e na sub-bacia do rio Caculuvale.

O Caculuvale, como um dos afluentes da margem direita do Cunene, é o principal rio das terras altas da Huíla e tem as suas origens na Cordilheira Marginal e no Planalto da Humpata-Bimbe. É formado pela união de diversas linhas de água secundárias, das quais destacam para a área em estudo, os rios Mapunda, Muholo e Mucufi, que limitam a norte e a sul uma estrutura interfluvial onde está instalada a cidade do Lubango.

centro da cidade, (iii) as que se situam no Tchonguelo também a noroeste e (iv) a que se situa na região do Bimbe, Humpata, e que fornece uma significativa quantidade de água.

Os valores obtidos para as diferentes sub-bacias são apresentados no quadro 1. Da análise das sub-bacias destaca-se a do rio Mapunda, que drena 41.2% do total da bacia do Caculuvale (a do Muholo drena 22.5% e a do Mucufi 11.6%), pelo que logo numa primeira análise se pode considerar que será esta a sub-bacia que mais contribuirá para o regime hidrológico da bacia do Caculuvale.

O estudo destes parâmetros têm como objectivo eliminar a subjectividade da descrição qualitativa das formas das bacias de drenagem e que resultam, em grande parte, da utilização dos parâmetros de extensão. Estes são muito importantes, uma vez que fornecem uma primeira indicação para a menor ou maior tendência da bacia concentrar o escoamento no seu sector terminal, assim como a ocorrência de cheias.

Os parâmetros acabam por estabelecer comparações entre a forma da bacia hidrográfica e formas geométricas simples.

Uma das formas mais utilizadas é o círculo, uma vez que uma bacia com a forma circular constitui um caso extremo que induz a rápida concentração do escoamento junto ao sector mais a jusante. Deste modo, a probabilidade de ocorrerem cheias numa bacia é tanto maior quanto mais esta se aproximar de uma forma circular.

Consideram-se estes índices bastantes válidos para bacias pequenas e com grande homogeneidade em termos de litologia e ocupação do solo. Os resultados obtidos são apresentados no quadro 1 e indicam a presença de uma bacia um pouco alongada (PDPL, 2000).

Quadro 1- Parâmetros de extensão para as diferentes bacias em análise

	Caculuvale	Mapunda	Muholo	Mucufi
Área (km ²)	204.4	84.3	46.1	23.8
Perímetro (km)	70.1	42.7	35.7	21.6
Comprimento (km)	25	16.8	12.1	8.9

No Plano Director das Águas da Cidade do Lubango-PDAL (2000) é referida a existência de aquíferos a sudoeste da cidade do Lubango. A escarpa que domina a cidade mostra-se favorecida quanto à disponibilidade de água, uma vez que a formação da Chela, muito fissurada, permite a infiltração da água das chuvas, que é, posteriormente, desviada lateralmente por um nível impermeável de dolerito ou de granito.

Os depósitos grosseiros do tipo colúvio na base da escarpa permitem igualmente a circulação da água e pode afirmar-se que o contacto entre aquela formação e os granitos subjacentes está marcado por um nível aquífero. Uma vez que a escassez de água é um assunto muito importante a nível económico e social é, por esta razão, de extrema importância a realização de um estudo hidrogeológico mais aprofundado, de modo a definir as potencialidades exactas do aquífero ou localizar outros. Chama-se a atenção para os cuidados a ter para evitar a contaminação dos mesmos, pelo que devem ser implantadas fortes restrições nas áreas que funcionem como zonas de recarga dos aquíferos.

2.4 Clima

Estando aproximadamente 1760 metros acima do nível do mar, Lubango é uma das cidades mais elevadas de Angola, apresentando dois tipos de clima, clima modificado pela altitude e o clima temperado frio, onde temperaturas variam de 0 a 24°C. Durante o dia o clima é húmido e moderadamente quente, mas à noite as temperaturas são consideravelmente mais baixas. Com uma temperatura média anual de 18°C é, provavelmente, a cidade mais fria de Angola. Junho e Julho são os meses mais frios, com eventuais geadas. As chuvas mais intensas ocorrem geralmente entre o início de Janeiro e o fim de Março, e os meses mais quentes são Setembro, Outubro e Novembro. Em zonas de altas altitudes como a serra da Leba e serra da Chela as temperaturas baixam bruscamente de 5 a 10°C.

A interpretação dos dados de precipitação, temperatura, humidade relativa, passou pela elaboração de valores médios para cada mês, durante os anos para os quais existiam dados na estação do Lubango, e no posto udométrico do Lubango (Missão Católica).

Devido à importância que a precipitação tem no desencadeamento de diversos fenómenos, optou-se por fazer a sua análise em primeiro lugar. Para este elemento climático foram recolhidos dados quer na estação climatológica do Lubango, quer no posto udométrico do Lubango (Missão Católica). A sintetização desta informação foi feita através da média mensal da série, para as estações escolhidas, do valor máximo diário registado durante um período alargado de tempo.

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, por vezes, temperaturas excepcionalmente baixas.

Segundo a classificação de Koppen, o clima do extremo sul e do centro noroeste é do tipo BSk (clima das estepes frias de média latitude e grande altitude), tendo o Norte da província clima do tipo Cw (temperado húmido com inverno seco); aparece além disso uma pequena faixa de clima Aw (clima tropical com estação seca de Inverno) a noroeste da escarpa que vai do Lubango a Chicuma.

O Lubango tem um clima atractivo que se encontra em poucas zonas no planeta. Procura-se aqui apresentar uma caracterização geral das condições climáticas prevalentes na área em estudo.

2.4.1 Precipitação atmosférica

No Lubango a época das chuvas começa normalmente em Outubro e vai até Abril. Segundo dados existentes, o máximo de precipitação ocorre em Março com aproximadamente 190 mm. A época seca é de 5 meses e ocorre de Maio a Setembro com quantitativos de precipitação que ultrapassam os 6,3 mm médios mensais em Maio. Nos meses de Junho e Julho é rara a queda de precipitação.

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 1000 mm.

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 excepção 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.

O estudo dos dados recolhidos indica que a realidade é que 4 vezes em cada cinco anos a precipitação é inferior à média anual e essa diferença para menos é tanto mais sensível quanto mais seco for o clima da região.

A precipitação obtida 4 vezes em cada 5 anos reflecte a precipitação com uma probabilidade de ocorrência igual a 80%, um ano chuvoso corresponde, em regra 4 anos em que as chuvas atingem níveis inferiores à média anual. Note-se que a região correspondente à queda pluviométrica de 400 mm subiu para norte ocupando agora mais de 50% do município dos Gambos e ainda o sul do município da Chibia. A distribuição da precipitação não é explicada pela acção individual de um único factor, seja ele a latitude, a altitude, a maior ou menor continentalidade, mas sim por um complexo sistema de interacções físicas entre estes e outros factores, os quais determinam uma distribuição heterogénea das quantidades de chuva ocorrida.

O ritmo das precipitações é tipicamente tropical e é determinado pela influência da latitude, onde a estação seca decorre no período menos quente. Diniz (1973), considera a existência de duas estações para as Terras Altas da Huíla: uma chuvosa, compreendendo um período de 6 meses (de Outubro a Abril) e uma seca (de Maio a Setembro). As chuvas caem maioritariamente nas horas mais quentes do dia e com as mais intensas registam-se frequentemente trovoadas, queda de saraiva ou granizo.

Analisando os valores da Quadro 2 abaixo verifica-se que a precipitação anual é da ordem dos 800-900mm.

Quadro 2- Precipitação atmosférica média para o período de 1937 a 1974 (Victor *et al.*, 2007)

Estação	Média (mm)	Mediana (mm)	Mínimo (mm)	Máximo (mm)
Lubango	917	845	452	1468

Verifica-se igualmente que a distribuição das chuvas pode ser variável, quer de ano para ano, quer ao longo dos meses, provocando, por vezes, o início tardio ou o final precoce da época das chuvas.

Na zona em estudo, situada a oeste do Lubango, o clima e a hidrografia são influenciados pelo relevo montanhoso da escarpa da Chela onde, a pressão diminui com a altitude. Esta regra implica que a pressão seja maior na base da montanha e menor no topo. Este facto deve-se à menor coluna de ar existente entre a superfície terrestre e o limite superior da atmosfera, bem como à menor densidade do ar em altitude devido à rarefacção do ar. Condiciona o clima na medida em que regiões mais altas tendem a ser de temperatura mais amena. Nesses lugares não há a permanência de massa de ar seco, enquanto o ar mais frio sobe e se concentra. Condiciona a hidrografia porque regiões mais altas são locais de nascimento de rios enquanto as mais baixas ficam no final do curso, já que os rios correm de locais mais altos para os mais baixos. O volume de chuvas é intensificado conforme as características do relevo. O primeiro factor a colaborar para a ocorrência das chamadas precipitações orográficas é um mecanismo denominado “autoconversão”. Este ocorre quando uma parcela do ar encontra um obstáculo, que pode ser uma montanha, e sofre ascensão. Ao subir, o ar esfria, condensa e forma uma nuvem. Como a humidade se torna muito elevada, ocorrem as precipitações, que se registam quase todos os dias nas épocas chuvosas.

2.4.2. Humidade atmosférica

A distribuição da humidade relativa do ar (Hr) na área do Lubango apresenta um valor de 55% de média anual, segundo dados de Diniz (1972).

As regiões de altitude atingem os valores máximos na época das chuvas e os mínimos no cacimbo. No período de 1943-1952 a média anual da Hr do ar na Humpata e na observação da manhã foi mínima (44%) e máxima em Outubro (87%). A humidade relativa média anual diminui com a distância ao mar e é influenciada pela distribuição da precipitação. Os valores de humidade relativa diminuem gradualmente do litoral para o interior sendo nas áreas abrigadas dos ventos de oeste (pela escarpa da Chela), e nos locais onde se registam elevadas variações

diárias da temperatura que se observam os valores mais baixos. Considerando que o ambiente extremamente seco do período frio corresponde a situações de céu limpo, é no período quente que se registam os maiores índices de nebulosidade.

A evaporação é bastante intensa e variável ao longo do ano, sendo maior na estação seca e início da estação chuvosa.

Segundo Medeiros (1976), a humidade relativa média anual às 9 horas oscila entre os 50 e 60%, coincidindo os valores mais baixos com o período frio 25 a 35% e os mais altos com o período quente 60 a 80%. O ambiente seco no período frio é ainda mais acentuado por o sol se encontrar quase sempre descoberto, pois é no período quente que se registam os maiores índices de nebulosidade.

2.4.3. Temperatura atmosférica

Na cidade do Lubango, a temperatura média anual é de 18.6 °C.

Os valores médios mensais da temperatura do ar (observações directas, dia, média dos máximos e média das mínimas) variam durante o ano e de modo diferente para as diversas regiões de Angola. Deste modo pode dizer-se que um ano quente será aquele em que se observa uma temperatura média superior ao valor médio calculado a partir de uma série de dados, e que um ano fresco será aquele em que registre um desvio negativo relativamente à temperatura média.

Assim nas regiões do interior, para sul do paralelo 12°S, a temperatura do ar tem o valor máximo entre Outubro e Novembro e raramente em Dezembro, decresce até Janeiro ou Fevereiro, cresce de novo em Março ou Abril e volta a decrescer até Junho ou Julho para crescer novamente até ao valor máximo.

Observa-se que de Setembro a Abril as temperaturas são superiores à média e que nos restantes meses são inferiores. Setembro e Outubro registam as temperaturas médias mais elevadas com 20.7 °C, e Julho a temperatura mais baixa, com 15.6 °C.

As variações das temperaturas médias anuais são mais baixas nos lugares mais elevados.

As temperaturas médias anuais aumentam com o afastamento da costa até à base da escarpa da Chela, a partir da qual começam a ser condicionadas pela altitude e pela maior variabilidade das precipitações.

2.4.4. Pressão atmosférica

A atmosfera é constituída por gases que são atraídos pela Terra. Estes gases exercem uma certa força sobre a sua superfície. A pressão atmosférica em Angola varia segundo o movimento anual da zona de convergência intertropical (C.I.T) que se caracteriza pela existência de baixas pressões atmosféricas.

Em Angola, a amplitude da variação anual (diferença dos dois valores médios mensais extremos da pressão atmosférica é pequena: cerca de 5 Mb em Cabinda, de 6 Mb em Luanda, Lobito e Namibe, é de 4 Mb no Huambo e no Lubango e a variação anual é da ordem de 0,5%. No Lubango os valores mensais da pressão atmosférica variam pouco ao longo do ano. O valor mínimo regista-se em Janeiro, depois os valores crescem até Junho, mantêm-se quase estacionários até Agosto e passam a diminuir até ao valor mínimo.

2.4.5. Vento

Predominam ventos do leste em todos os meses. Segundo Medeiros (1976), durante a estação chuvosa os ventos do oeste ganham alguma velocidade.

No cacimbo, em Angola, a influência dominante é exercida pelas altas pressões tropicais e os ventos sopram do sudeste em quase todo o território, pelo que as massas de ar que transportam são secas e frias. Por isso o cacimbo é seco e frio.

No interior do país geralmente os valores são fracos ou de calma.

2.4.6. Nebulosidade

Nas regiões planálticas como a província da Huila os valores médios de nebulosidade variam muito durante o ano: o valor máximo aparece de Dezembro a Fevereiro e valor mínimo durante o cacimbo.

2.4.7. Insolação

Nas regiões planálticas de Angola apresenta o valor máximo no cacimbo entre Julho e Agosto e o valor mínimo na época das chuvas de Dezembro a Fevereiro.

A insolação varia ao longo do ano em sentido inverso ao da nebulosidade e é mais elevada na estação seca.

A cidade do Lubango apresenta valores elevados de insolação e, como é óbvio, a mesma varia ao longo do ano em sentido inverso ao da nebulosidade. Segundo Medeiros (1976), a média anual de insolação é de 2691 horas, sendo 7 horas por dia, na qual a média mais elevada cabe a Junho (281 horas, sendo 10 por dia) e a mais baixa a Janeiro (165 horas, 5 horas, por dia).

Capítulo 3. Caracterização física da área em estudo

Neste capítulo faz-se uma caracterização física da área estudada. Inicia-se com o enquadramento geográfico-topográfico, segue-se o enquadramento geológico e hidrogeológico. Finalmente apresenta-se a caracterização da água da zona com base em medições físico-químicas que foram efectuadas *in situ*.

3.1. Topografia

A área envolvente das nascentes do rio Ngolo caracteriza-se pela sua posição na bordadura da margem ocidental do planalto da Humpata. A zona em estudo situa-se a ocidente da cidade do Lubango (Fig. 10) e é ilustrada pela figura 11.

3.2. Geologia

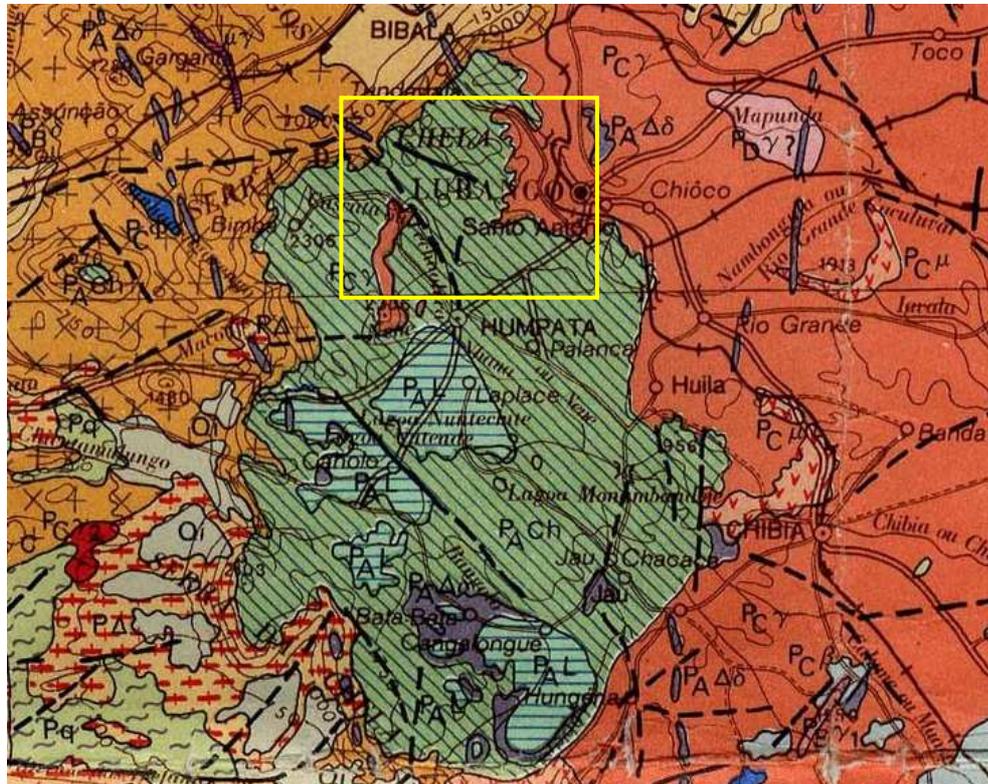
Na área predominam as rochas graníticas. Sobre estas formações implantam-se estratos quartzíticos sub-horizontais (Fig. 12). Estes situam-se a WSW e formam as escarpas da bordadura do Planalto.

O rio escorre sobre granito, por vezes muito alterado para uma camada de areia arenosa.

As bancadas de quartzito estão intensamente fracturadas. As fracturas principais apresentam orientação aproximadamente NE-SW e NW-SE.

Das rochas existentes na área o granito ocupa a maior parte da área (cerca de três quartos). Esta rocha apresenta, porém, consoante a sua situação, variações, tanto texturais como mineralógicas, representadas, respectivamente, por granitos gnaissicos, granodioritos, granitos porfiróides, etc.

Além das rochas referidas, existem na área pequenas manchas de depósitos detríticos de natureza aluvionar, às quais foram atribuídas idades, que vão desde o Pliocénico ao Quaternário recente (Firmino, 2011).



	Noritos e doleritos (1118 Ma)
	Formação da Leba-Tchamalindi (calcários dolomíticos com estromatólitos)
	grupo da Chela (siltitos, argilitos, arenitos, vulcanoclastitos, etc)
	Granitos bióticos da Região Central (granitos regionais) P_{cr} (2250m.a.); granodioritos e dionitos (P_{Δ})
	Pórfiros granitoides e rochas vulcânicas da Chibia (2210 Ma) e da região central
	Complexos granítico-migmático (2520±36 Ma)
	Granito do Caraculo-Bibala
	Granitos e granodioritos; Dioritos e Granodioritos

Figura 12 – Representação da geologia da região enquadrante da zona em estudo (fragmento da Carta de H. Carvalho, 1974).

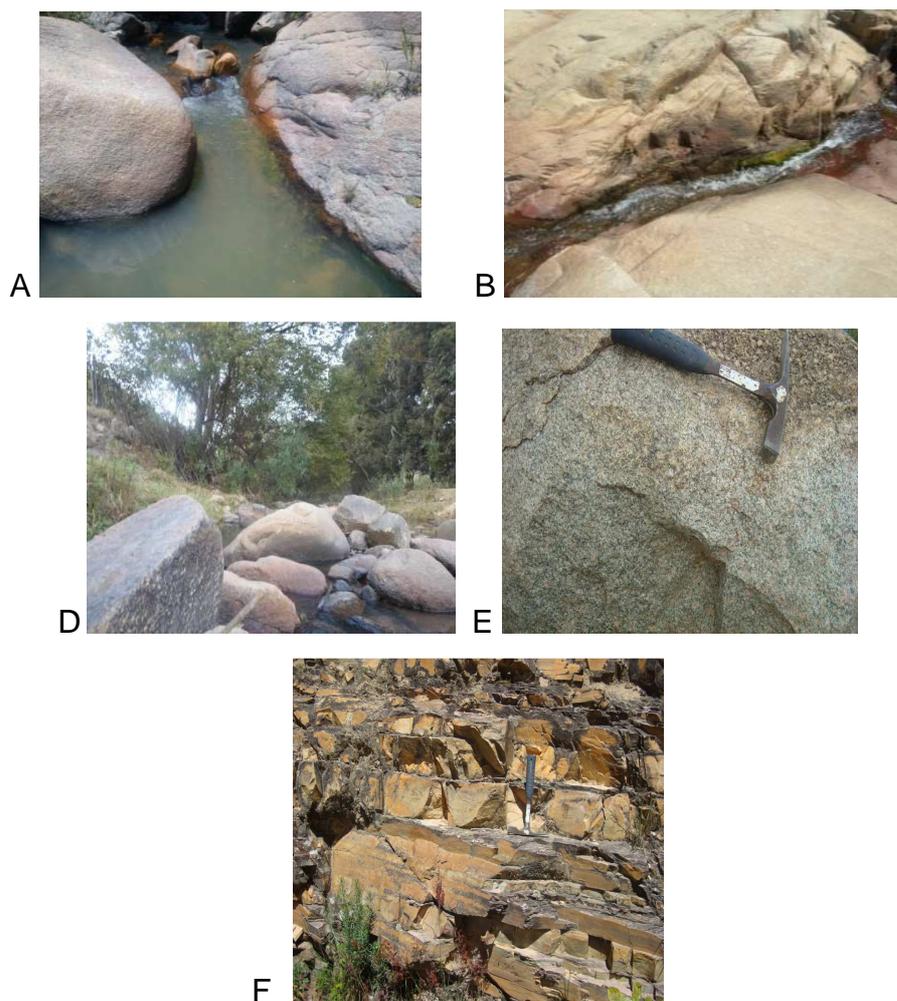


Figura 13 – Aspecto dos granitos (A a D) e dos quartzitos fracturados (F).

3.3. Hidrografia

O local estudado insere-se no sector intermédio-terminal da bacia hidrográfica do rio Ngolo. Este rio é afluente do rio Mapunda, o qual evolui para o rio Caculuvale (Fig. 14).

Todas as linhas de água referidas apresentam regime perene e encontram-se em estado natural.

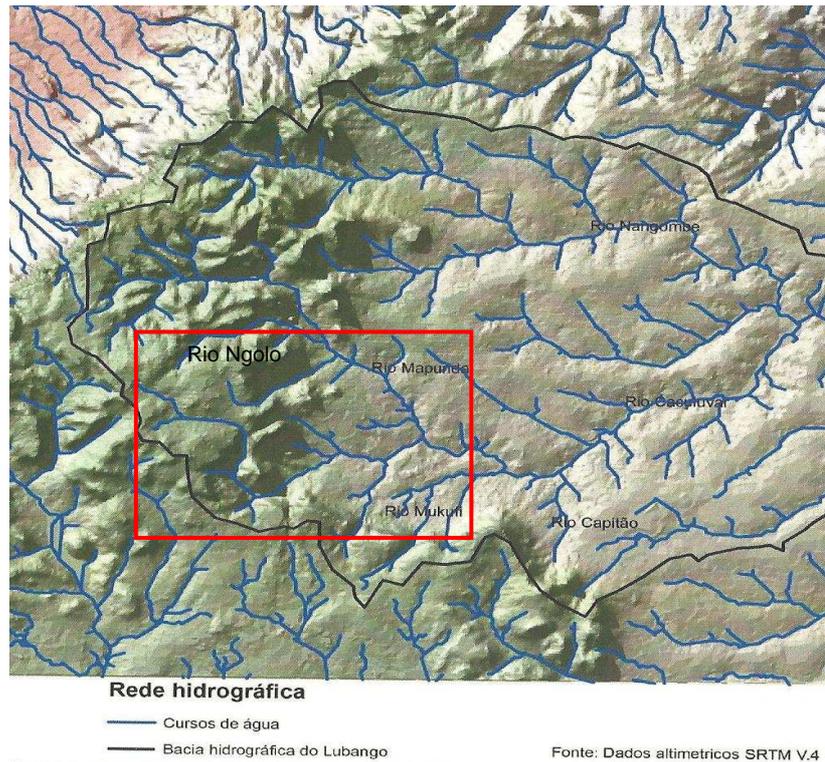


Figura 14 – Rede hidrográfica local (Firmino, 2011).

3.4. Hidrogeologia

Nas formações rochosas da área em estudo, particularmente nas rochas quartzíticas fracturadas, ocorrem unidades aquíferas (Azevedo *et al*, 2011, Baptista, 2010). Este aquífero alimenta várias nascentes localizadas ao longo da escarpa situada a W da zona em análise.

Nas formações graníticas, nomeadamente nos domínios mais alterados podem ocorrer alguns aquíferos não-confinados de reduzida dimensão (Fig. 15).

Na época das chuvas devido à maior infiltração regista-se um aumento da recarga aquífera. Este processo é mais efectivo nos domínios elevados do Planalto da Humpata.

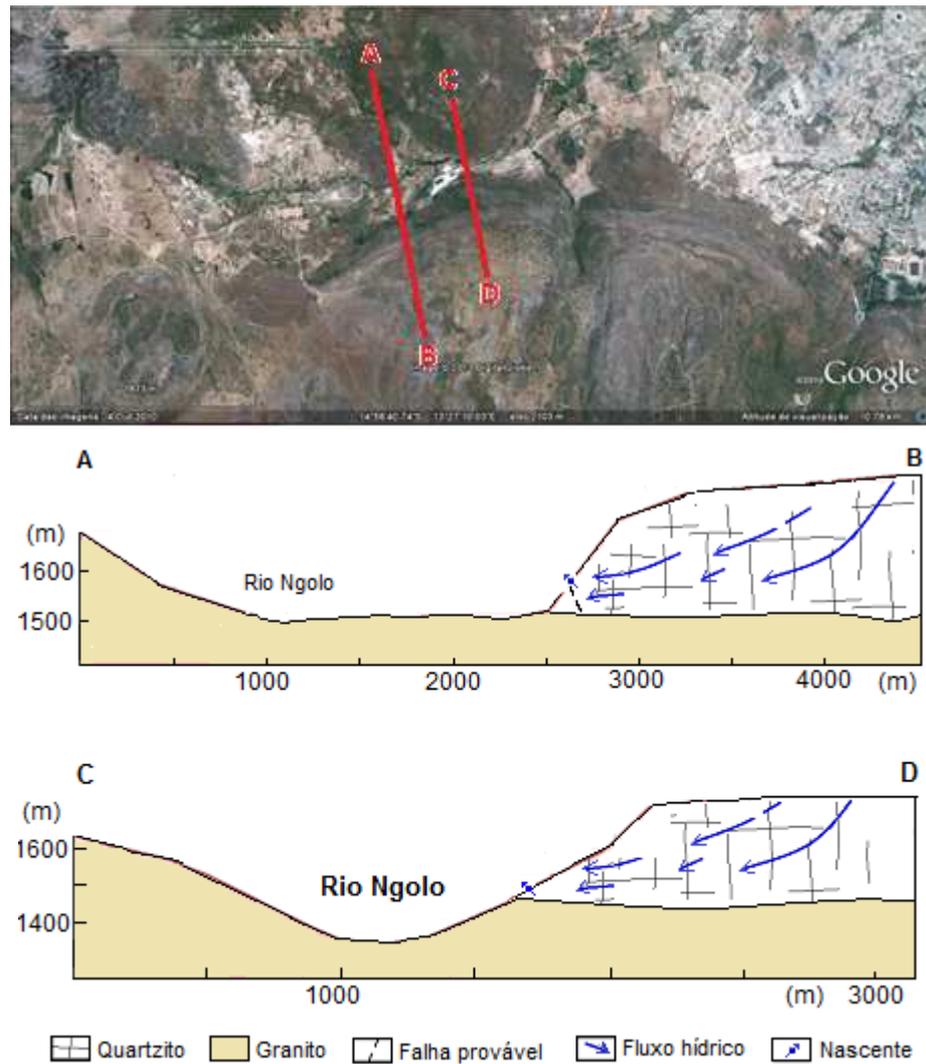


Figura 15 - Perfis hipotéticos expressando o enquadramento geológico e hidrogeológico simplificado da zona em estudo.

3.5. Caracterização *in situ* da água superficial e subterrânea

3.5.1. Pontos de água estudados

No sentido de se efectuar a caracterização físico-química da água na zona em estudo procedeu-se ao reconhecimento de campo de alguns pontos de água. Foram seleccionados 8 pontos: 6 em linhas de água (L) e 2 nascentes (N).

As nascentes estão situadas na base da escarpa para ocidente entre os granitos e os quartzitos e foram determinadas com a letra N e as linhas de água com a letra L (Fig. 16).

No quadro 3 indicam-se as coordenadas geográficas e a localização dos pontos de água estudados.

Quadro 3- Coordenadas dos Pontos de água estudados.

Ponto de água	Longitude Este	Latitude Sul	Cota superfície* (m)
L1	013° 26' 39,6''	14° 55' 14,5''	1868
L2	013° 26' 38,7''	14° 55' 16,8''	1871
L3	013° 26' 24,8''	14° 55' 28,6''	1884
L4	013° 26' 11,5''	14° 55' 39,1''	1902
L5	013° 25' 53,9''	14° 55' 41,2''	1919
L6	013° 25' 50,35"	14° 55' 41,60"	1920
N1	013° 25' 47,01"	14° 55' 53,32"	1938
N2	013° 25' 47,40"	14° 55' 52,47"	1936

(*) Valor inferido do *Google Earth*.

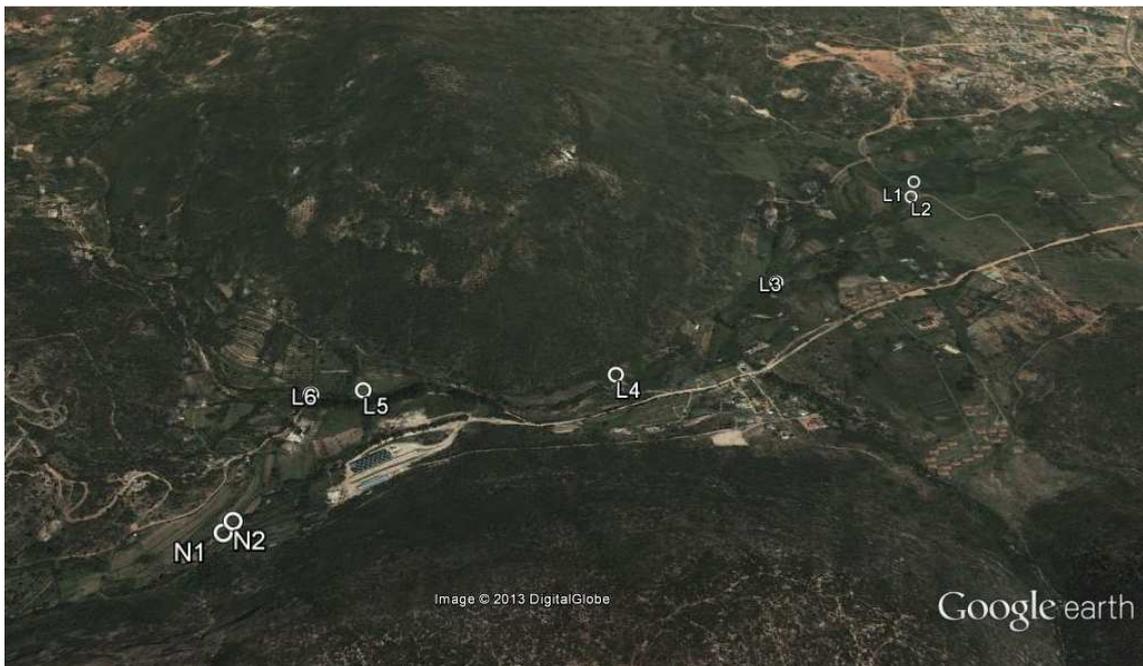


Figura 16 – Localização dos pontos de água estudado (sobre imagem do Google Earth, 2013).

Em cada ponto efectuou-se:

- a caracterização física do espaço envolvente;
- a medição dos seguintes parâmetros físico-químicos da água: pH, temperatura, condutividade eléctrica e oxigénio dissolvido.

As nascentes estão situadas numa zona de declive acentuado. No tempo chuvoso a velocidade é maior e no tempo seco elas estão cobertas com vegetação aquática, como se mostra na Fig. 17.



N1 e N2 (tempo seco)

N1 e N2 (tempo chuvoso)

Figura 17 – Aspecto das nascentes estudadas (N1 e N2).

Abaixo são ilustrados os pontos seleccionados (L1, L2, L3, L4, L5, L6,) para a análise no rio Ngolo (Fig. 18).



L1



L2



L3



L4



L5



L6

Figura 18 - Locais estudados nas margens do rio Ngolo (L1 a L6).

Para a análise de hidrogeologia dos domínios seleccionados foram efectuadas as seguintes medições e utilizaram-se os seguintes equipamentos:

- Localização geográfica - com GPS;
- Quantificação *in situ* de parâmetros físico-químicos: WTW pH meter, WTW CE meter, WTW Ox dissolvido meter (pH, temperatura, condutividade eléctrica e oxigénio dissolvido na água) e medidor portátil Eijelkamp (Fig. 19).



Figura 19 - Equipamentos utilizados na recolha de dados.

Seguidamente apresenta-se a descrição geral dos locais analisados (Quadros 4 a 11).

Quadro 4 – Características gerais do Ponto de água L1.

Referência/Designação	Linha de água L1	
Propriedade	Público	X
	Privado	
Acessibilidade	Perto de estrada	X
Localização	Latitude	013° 26' 39,6''
	Longitude	14° 55' 14,5
	Altitude (cota, m)	1868
Enquadramento topográfico	Apresenta uma inclinação acentuada	
Enquadramento geológico	Granitos	
Ocupação do solo nas envolventes	Floresta	X
	Agrícola	X
	Infra-estruturado	X
	- urbano	X
	- industrial	X
	- outro	
	Misto	X
	Abandonado	
Uso	Consumo humano	X
	Consumo industrial	
	Irrigação	X
	Outro	X
Caracterização estrutural	Largura (m)	1m a 6m
	Profundidade (m)	1m a 3m
	Ocupação das margens (m)	6m
	Profundidade a partir da superfície-margem (m) até 3m	
	Regime de escoamento:	Perene
	Presença de organismos aquáticos:	plantas aquáticas, rãs, etc
	Outra:	indícios de contaminação, etc.

Quadro 5 – Características gerais do Ponto de água L2.

Referência/Designação	Linha de água L2	
Propriedade	Público	X
	Privado	
Acessibilidade	Perto de estrada não asfaltada	
Localização	Latitude	14° 55' 16,8''
	Longitude	013°26'38,7''
	Altitude (cota)	1871
Enquadramento topográfico	Apresenta uma inclinação acentuada	
Enquadramento geológico	Granitos	

Quadro 5 – Características gerais do Ponto de água L2 (continuação)

Ocupação do solo nas envolventes	Floresta	X
	Agrícola	X
	Infra-estruturado - urbano - industrial - outro	X X
	Misto	X
	Abandonado	
Uso	Consumo humano	X
	Consumo industrial	
	Irrigação	X
	Outro	X
Caracterização estrutural	Largura (m)	1m a 6m
	Profundidade (m)	1m a 3m
	Ocupação das margens (m)	2m
	Profundidade a partir da superfície-margem (m)	até 3m
	Regime de escoamento:	Perene
	Presença de organismos aquáticos:	plantas aquáticas, rãs etc.
	Outra:	indícios de contaminação, etc.

Quadro 6 – Características gerais do Ponto de água L3

Referência/Designação	Linha de água L3	
Propriedade	Público	X
	Privado	
Acessibilidade	Perto de estrada não asfaltada	
Localização	Latitude	14°55'28,6''
	Longitude	013°26'24,8''
	Altitude (cota)	1884
Enquadramento topográfico	Apresenta uma inclinação acentuada	
Enquadramento geológico	Granitos	
Ocupação do solo nas envolventes	Floresta	X
	Agrícola	X
	Infra-estruturado - urbano - industrial - outro	X X X
	Misto	X
	Abandonado	
Uso	Consumo humano	X
	Consumo industrial	
	Irrigação	X
	Outro	X

Quadro 6 – Características gerais do Ponto de água L3 (continuação)

Caracterização estrutural	Largura (m)	1m a 6m
	Profundidade (m)	1m a 3m
	Ocupação das margens:	terrenos abandonados com capim
	Profundidade a partir da superfície-margem (m) até 3m	
	Regime de escoamento:	Perene
	Presença de organismos aquáticos:	plantas aquáticas, rãs etc.
	Outra:	indícios de contaminação, etc.

Quadro 7 – Características gerais do Ponto de água L4.

Referência/Designação	Linha de água L4	
Propriedade	Público	X
	Privado	
Acessibilidade	Perto de estrada não asfaltada	
Localização	Latitude	14°55'39,1''
	Longitude	013°26'11,5''
	Altitude (cota, m)	1902
Enquadramento topográfico	Apresenta uma inclinação acentuada	
Enquadramento geológico	Granitos	
Ocupação do solo nas envolventes	Floresta	X
	Agrícola	X
	Infra-estruturado	
	- urbano	X
	- industrial	X
	- outro	X
Misto	X	
Abandonado		
Uso	Consumo humano	X
	Consumo industrial	
	Irrigação	X
	Outro	X
Caracterização estrutural	Largura (m)	1m a 7m
	Profundidade (m)	1m a 3m
	Ocupação das margens (m)	5m
	Profundidade a partir da superfície-margem (m) até 3m	
	Regime de escoamento:	Perene
	Presença de organismos aquáticos:	plantas aquáticas, rãs etc.
	Outra:	indícios de contaminação, etc.

Quadro 8 – Características gerais do Ponto de água L5.

Referência/Designação	Linha de água L5	
Propriedade	Público	X
	Privado	
Acessibilidade	Perto de estrada não asfaltada	
Localização	Latitude	14°55'41,2''
	Longitude	013°25'53,9''
	Altitude (cota)	1919
Enquadramento topográfico	Apresenta uma inclinação acentuada	
Enquadramento geológico	Granitos	
Ocupação do solo nas envolventes	Floresta	X
	Agrícola	X
	Infra-estruturado	
	- urbano	X
	- industrial	X
	- outro	X
Misto	X	
Abandonado		
Uso	Consumo humano	X
	Consumo industrial	
	Irrigação	X
	Outro	X
Caracterização estrutural	Largura (m)	1m a 2m
	Profundidade (m)	1m a 2m
	Ocupação das margens (m)	5m
	Profundidade a partir da superfície-margem (m) até 2m	
	Regime de escoamento: Perene	
	Presença de organismos aquáticos: plantas aquáticas, rãs etc.	
	Outra: indícios de contaminação, etc.	

Quadro 9 - Características gerais do Ponto de água L6.

Referência/Designação	Linha de água L6	
Propriedade	Público	X
	Privado	
Acessibilidade	Perto de estrada não asfaltada	
Localização	Latitude	14°55'41.60"
	Longitude	013°25'50.35"
	Altitude (cota)	1920
Enquadramento topográfico	Apresenta uma inclinação acentuada	
Enquadramento geológico	Granitos	

Quadro 9 - Características gerais do Ponto de água L6 (continuação)

Ocupação do solo nas envolventes	Floresta	X
	Agrícola	X
	Infra-estruturado	
	- urbano	X
	- industrial	X
	- outro	X
	Misto	X
	Abandonado	
Uso	Consumo humano	X
	Consumo industrial	
	Irrigação	X
	Outro	X
Caracterização estrutural	Largura (m)	1m a 4m
	Profundidade (m)	1m a 3m
	Ocupação das margens (m)	1m
	Profundidade a partir da superfície-margem (m)	até 2m
	Regime de escoamento:	Perene
	Presença de organismos aquáticos:	plantas aquáticas, rãs etc.
	Outra:	indícios de contaminação, etc.

Quadro 10 – Características gerais da Nascente N1.

Referência/Designação	Nascente N1	
Propriedade	Público	X
	Privado	
Acessibilidade	Má, afastado da estrada, na base de arriba	
Localização	Latitude	14°55'53.32"
	Longitude	013°25'47.01"
	Altitude (cota)	1938
Enquadramento topográfico	Apresenta uma inclinação acentuada: X	
Enquadramento geológico	Quartzitos	
Ocupação do solo nas envolventes	Floresta	X
	Agrícola	X
	Infra-estruturado	
	- urbano	
	- industrial	X
	- outro	X
	Misto	X
	Abandonado	
Uso	Consumo humano	X
	Consumo industrial	
	Irrigação	X
	Outro	

Quadro 10 – Características gerais da Nascente N1 (Continuação)

Caracterização estrutural	Exurgência concentrada	X
	Sem estrutura de captação	X
	Protecção/cobertura/outro: sem protecção	
	Regime de escoamento: Perene	
	Presença de organismos aquáticos: presença de algas ou plantas aquáticas na época seca	
	Outra: indícios de contaminação, etc	

Quadro 11 – Características gerais da Nascente N2.

Referência/Designação	Nascente N2	
Propriedade	Público	X
	Privado	
Acessibilidade	Má, afastado da estrada, na base de arriba	
Localização	Latitude	14°55'52.47"
	Longitude	013°25'47.40"
	Altitude (cota)	1936
Enquadramento topográfico	Apresenta uma inclinação acentuada : X	
Enquadramento geológico	Quartzitos	
Ocupação do solo nas envolventes	Floresta	X
	Agrícola	X
	Infra-estruturado - urbano - industrial - outro	X
	Misto	X
	Abandonado	
Uso	Consumo humano	X
	Consumo industrial	
	Irrigação	X
	Outro	
Caracterização estrutural	Exurgência concentrada	X
	Sem estrutura de captação	X
	Protecção/cobertura/outro: sem protecção	
	Regime de escoamento: Perene	
	Presença de organismos aquáticos: presença de algas ou plantas aquáticas na época seca	
	Outra: indícios de contaminação, etc	

3.5.2. Resultados da caracterização *in situ* da água

Realizaram-se duas campanhas de medições. Nos quadros 12 e 13 apresentam-se os resultados obtidos.

Quadro 12- Resultados das medições de campo em Março de 2012.

Ponto de água	Temp. (°C)	Cond. Eléctrica (µS/cm a 25°C)	pH	Oxig. dis. (mg/L)
L1	20	41,9	6,36	5,7
L2	20	39,7	6,54	3,4
L3	22,6	32,5	6,16	2,0
L4	20,0	31,9	6,80	1,8
L5	21,0	31,2	6,98	1,0
L6	21,0	31,2	6,99	1,0
N1	19,8	6,8	5,20	2,0
N2	19,7	8,8	5,30	2,0

Quadro 13- Resultados das medições de campo em Julho de 2013.

Ponto de água	Temp. (°C)	Cond. Eléctrica (µS/cm a 25°C)	pH	Oxig. Dis. (mg/L)
L1	18,5	38,8	5,97	2,2
L2	18,6	27,4	5,80	1,8
L3	18,7	25,6	5,81	1,5
L4	19,1	20,8	5,84	1,2
L5	19,4	14,3	5,59	0,8
L6	20,4	12,8	5,29	0,6
N1	21,6	9,2	4,52	0,5
N2	21,5	8,2	4,37	0,4

3.5.3 Interpretação de resultados

Os resultados apresentados traduzem os seguintes aspectos gerais:

- A temperatura da água, embora baixa, está em equilíbrio com a temperatura atmosférica e não apresenta grandes variações sazonais;

- Os valores da condutividade eléctrica (CE) são baixos, claramente inferiores ao esperado, considerando as actividades antrópicas na zona estudada; contudo, os valores de CE mais elevados nas águas superficiais refletem a presença de contaminação antrópica; os valores das águas subterrâneas reflectem, possivelmente, a sua associação a aquíferos de natureza quartzítica e granítica;

- Os valores neutros ou ligeiramente ácidos do pH estarão associados: (1) ao reduzido tempo de residência da água nos aquíferos e (2) à proximidade entre o escoamento superficial e a água da chuva;

- Os valores obtidos para o Oxigénio dissolvido são relativamente baixos, nomeadamente na campanha de Julho; este facto pode traduzir alguma contaminação e a presença de grandes quantidades de matéria orgânica em decomposição no leito do rio.

Capítulo 4 – Usos e ocupação do solo Impactes nas massas de água locais

Neste capítulo descreve-se o uso e a ocupação da superfície actuais nos domínios estudados. Com base na realidade presente, apresentam-se os potenciais impactes no meio ambiente local e traçam-se cenários sobre a evolução futura da região, particularmente no que respeita às massas de água locais.

4.1. Usos e ocupação do solo

A área em análise situa-se na zona de transição da bordadura do Planalto da Humpata para os domínios marginais e topograficamente mais baixos (Fig. 20). Nestes locais, a vegetação atinge a exuberância tropical com abundância de melastomáceas, apocináceas e combretáceas. As leguminosas formam uma rica parte da flora arbórea. No cimo do planalto da Humpata e nos pontos mais elevados da Serra da Chela junto do Lubango, a vegetação é constituída por fragmentos de *Altherbosa* e nas ravinas das elevações da Humpata por agrupamentos de reduzida extensão de *Podocarpus* (Baptista 2010).

Ao longo da linha de água – rio Ngolo – encontram-se algumas espécies de gramíneas (“capim rasteiro e alto”), pequenos pomares constituídos por hortícolas, árvores frutíferas como bananeiras, laranjeiras, mangueiras, limoeiros, figueiras e alguns tipos de flores adaptadas ao tipo de solo. São ainda utilizados para a actividade agrícola, de subsistência, com o cultivo de milho, feijão, massango, massambala, a produção de hortícolas. Os domínios mais afastados são usados para a produção animal, em especial de gado bovino e caprino.

Os latossolos e os afloramentos rochosos que ocorrem nas zonas de maior declive e mais escarpadas não têm interesse agrícola e apresentam repovoamento florestal.

Nos lugares mais húmidos encontram-se, quer isoladas, quer associadas, as mais diversas espécies vegetais em *clusters* naturais higrofíticos.



Figura 20 – Fotografia aérea (*in Google Earth*) expressando o uso e a ocupação do solo nos domínios em estudo: A - Setembro de 2006 e B - Fevereiro de 2013 (notar a clara diferença entre a ocupação em tempo seco e em tempo húmido).

Os locais envolventes das várias nascentes que ocorrem na base das escarpas quartzíticas estão cobertos por espécies vegetais características de pequenas matas semi-fechadas, constituída por árvores de médio porte, algumas trepadeiras e um vasto conjunto de espécies subarbustivas.

Na margem do rio abundam as gramíneas intercaladas com prados e terrenos agrícolas. A população pratica uma agricultura rudimentar para o sustento das suas famílias, tirando proveito de pastagens ricas e razoavelmente extensas.

No que diz respeito ao uso do solo nas zonas envolventes dos povoados, nomeadamente no Bairro Camanamana, observam-se transformações mais acentuadas (Fig. 21), nomeadamente:

- Vestígio de lixos orgânicos e lixos inorgânicos.
- Exploração anárquica de adobe, com crescimento gradual de residências temporárias;
- Implementação de infra-estruturas de natureza residencial e industrial, como uma unidade de captação engarrafamento de água subterrânea;
- Abertura de novos focos urbanos, sem os devidos cuidados de ordenamento territorial;
- Fazendas produtoras em grande escala de hortofrutícolas e pecuária;
- Outras infra-estruturas, como centros não autorizados de lavagem de viaturas junto de linhas de água e, muitas das vezes, de mudança de lubrificantes.



Figura 21 – Aspectos do uso e ocupação da superfície da zona em estudo: A - terreno agrícola abandonado; B- agricultura rudimentar; C- construções desordenadas D- mata semifechada constituída por arbustos; E- terreno agrícola; F- plantas de diferentes espécies próximo das nascentes.

Na zona em estudo, está em fase avançada de instalação uma unidade empresarial de captação e posterior engarrafamento de águas subterrâneas – Água Preciosa (Fig. 22).



Figura 22 – Aspetos gerais da unidade empresarial de captação de água e engarrafamento de água – Água Preciosa – localizada na margem direita do rio Ngolo na zona estudada.

Para além dos furos pertencentes a esta unidade de captação e engarrafamento, estão implantados na zona outros furos. A água captada nestes furos adicionais é transportada em camiões-cisterna e comercializada na cidade do Lubango.

No sector sul, localiza-se outro sistema de captação de águas subterrâneas (furo) pertencente ao complexo escolar da Aldeia de Crianças-SOS.

Ao longo do curso de água localizam-se alguns poços que são utilizados para o consumo doméstico.

As observações realizadas no campo associadas à análise de imagens do *Google Earth* (Fig. 20), permitiram identificar e quantificar de forma aproximada as diferentes ocupações e uso dos solos nos diversos sectores (N, E, W e S) área de estudo (Quadro 14).

Quadro 14 - Uso e ocupação dos solos por sectores na zona em estudo.

Setor	Ocupação do solo	Área ocupada (%)
Norte	- Florestal	60
	- Agricultada	30
	- Urbanizada	10
	- Outras	0
Este	- Florestal	20
	- Agricultada	15
	- Urbanizada	60
	- Outras	5
Sul	- Florestal	50
	- Agricultada	15
	- Urbanizada	30
	- Outras	5
Oeste	- Florestal	70
	- Agricultada	17
	- Urbanizada	10
	- Outras	5

4.2. Actividades e fontes potencialmente contaminantes

Em função do exposto anteriormente, a potencial contaminação ambiental e especificamente das massas de água naturais, resulta das seguintes actividades antrópicas (Fig. 21, 22 e 23):

- Actividade agrícola: práticas de pequena escala e rudimentar.
- Actividade pecuária: produções de escala familiar, fundamentalmente de ovinos e bovinos.
- Fossas sépticas e não-sépticas: não existe na zona uma rede de esgotos nem um sistema de recolha de resíduos sólidos.
- Actividades e estruturas industriais: unidade empresarial de captação e engarrafamento de águas subterrâneas – Água Preciosa.
- Outras: lavagem ilegal de viaturas.



Figura 23 – Aspectos gerais dos principais processos e fontes de contaminação ambiental e das massas de água naturais: A- criação e pastagem de gado; B-concentração de lixo orgânico sobre a água ; C - lavagem de roupa e (D) de viaturas; E- contaminação das águas pelas actividades humanas; F- - Construções desordenadas ao lado das nascentes.

Como se pode verificar nos estudos de campo efectuados ao longo do rio Ngolo, os principais focos de contaminação do rio provêm das actividades antrópicas, nomeadamente das actividades domésticas, agro-pecuárias e lavagem de veículos.

Os aglomerados populacionais não são servidos por sistemas de saneamento básico e raramente existem fossas sépticas. Estes aglomerados poderão constituir uma ameaça, devido à má construção e conservação ou a uma colocação em locais pouco adequados.

Entre as substâncias que contaminam a água podemos considerar: pesticidas e herbicidas, bactérias, vírus e parasitas, metais pesados, sulfuretos, etc. Assim sendo a precariedade do tratamento de lixos e dos afluentes líquidos (esgotos), atingem uma enorme parcela da população residente, e representam um importante risco de contaminação do ambiente (Fig. 23).

Podemos afirmar que a população residente na área estudada vive sem condições sanitárias mínimas e sem água potável. Em virtude destas deficiências espalham-se diversas doenças como a diarreia, a malária, a cólera, a hepatite e a febre tifóide, e as suas vítimas são, na sua maioria, crianças.

As nascentes abastecem pequenos aglomerados e encontram-se desprotegidas. Contudo, a quantidade e qualidade das águas devem ser preservadas, daí a crescente preocupação com a sua contaminação e com a protecção das nascentes e das linhas de água, nomeadamente do rio Ngolo.

4.3. Impactes nas massas de água locais

As actividades antrópicas, nomeadamente o pastoreio, a circulação rodoviária e a urbanização, induzem alterações no meio ambiente, nas massas de água naturais (qualidade e quantidade), na cobertura vegetal nativa (destruição), nos ecossistemas e na saúde humana. Estas alterações precisam ser quantificadas pois apresentam variações relativas, podendo ser positivas ou negativas, grandes ou pequenas.

O objectivo de se avaliar os impactes no ambiente local e particularmente nas massas de água que evoluem na área em estudo é, principalmente, o de avaliar as consequências de algumas acções, para que possa haver a prevenção, quer da

qualidade, quer da quantidade das mesmas. Esta avaliação baseou-se na construção de uma matriz de caracterização de impactes aplicada:

- à implantação de furos para captação de águas subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Rio Ngolo (Quadro 15).

- à implantação de uma mini-represa na Bacia Hidrográfica do Rio Ngolo (Quadro 16).

Quadro 15 – Matriz de caracterização de impactes aplicada à implantação de furos para captação de águas subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Rio Ngolo.

Componente	Características	Impacte Positivo									Impacte Negativo									Impacte Indefinido	Descrição			
		Magnitude			Importância			Duração			Magnitude			Importância			Duração							
		P	M	G	1	2	3	1	2	3	P	M	G	1	2	3	1	2	3					
Meio Terrestre	Topografia																					X		
	Erosão																						X	
Meio Hídrico	Escoamento superficial												X			X							X	Diminuição da transferência de água subterrânea para o rio com diminuição do escoamento
	Armazenamento e Fluxo hídrico subterrâneo													X		X							X	Rebaixamento dos níveis piezométricos locais e regionais; alterações no fluxo hídrico subterrâneo

Legenda: Magnitude: P – Pequena; M – Média; G – Grande;
Importância: 1 – Não significativa; 2 – Moderada; 3 – Significativa;
Duração: 1 – Curta; 2 – Média; 3 – Longa.

Quadro 16 – Matriz de caracterização de impactes aplicada à implantação de uma mini-represa na Bacia Hidrográfica do Rio Ngolo (Legenda do Quadro 15).

Componente	Características	Impacto Positivo									Impacto Negativo									Impacte Indefinido	Descrição			
		Magnitude			Importância			Duração			Magnitude			Importância			Duração							
		P	M	G	1	2	3	1	2	3	P	M	G	1	2	3	1	2	3					
Meio Terrestre	Topografia												X			X							X	Alterações no relevo das margens e do leito
	Erosão												X			X							X	Diminuição da erosão fluvial e da taxa de deposição de sedimentos a jusante da represa
Meio Hídrico	Escoamento superficial												X			X							X	Alterações significativas no regime e nos caudais escoados
	Armazenamento e Fluxo hídrico subterrâneo												X			X							X	Diminuição da transferência de água do rio para os aquíferos; alterações no fluxo hídrico subterrâneo

Os resultados apresentados nos quadros anteriores expressam que os impactes nas massas de água locais resultantes da implantação de furos ou de mini-represas são significativos e a longo prazo. Assim, recomenda-se o controlo destes processos, nomeadamente da construção de novos furos.

Capítulo 5. Conclusões e Recomendações

No presente capítulo apresentam-se resumidamente as grandes conclusões do presente estudo. No final expressam-se algumas recomendações dirigidas para a preservação do ambiente em geral e, em particular, para proteger as massas de água locais, aumentar a quantidade e a qualidade da água utilizada pelas populações.

5.1. Conclusões

O presente trabalho de pesquisa teve como primeiro objectivo a caracterização física de um sector intermédio da bacia hidrográfica do rio Ngolo, nomeadamente aos níveis geológico e hidrogeológico.

Efectuou-se a caracterização físico-química *in situ* de algumas nascentes (água subterrânea) e da água ao longo do rio.

Genericamente a área em estudo apresenta as seguintes características:

- Situa-se a oeste da cidade do Lubango (Província da Huila, SW de Angola), a uma altitude superior a 1100m;
- Topograficamente encontra-se numa zona acidentada, na margem oriental do Planalto da Humpata;
- A geologia local compreende as seguintes formações litológicas: quartzitos no topo, moderadamente alterados e extremamente fracturados; constituem importantes meios aquíferos; granitos na base que normalmente funcionam como barreiras impermeáveis;
- A linha de água principal – rio Ngolo – apresenta regime perene;
- Foram identificados e avaliados *in situ* seis locais ao longo do rio e duas nascentes associadas às formações quartzíticas;
- No geral as águas apresentam condutividades eléctricas baixas, embora as águas superficiais apresentem valores mais elevados; os valores do pH são ligeiramente ácidos reflectindo a proveniência da água - precipitação atmosférica e de aquíferos quartzíticos;
- O solo apresenta uma ocupação mista: núcleos populacionais de reduzida dimensão e dispersos, plantações agrícolas e uma vegetação extensa do tipo mato esparso e por vezes arbórea;

- As principais fontes contaminantes das massas de água locais são: as actividades domésticas, o aumento dos pólos urbanos, as actividades agrícolas e pecuárias e a aplicações de pesticidas e fertilizantes; a presença de focos dispersos de lixo constitui outro processo de contaminação ambiental e da água, bem como a lavagem de viaturas.

5.2. Recomendações

No decurso dos aspectos referidos ao longo dos Capítulos 3 e 4, recomendam-se as seguintes implementações:

Medidas para preservar o ambiente

- Recomenda-se a necessidade do poder público, nomeadamente da Administração Municipal do Lubango, contribuir para a preservação ambiental e exigir, por via legal, que os usuários dos recursos naturais da bacia hidrográfica do rio Mapunda, preservem os locais das áreas de Protecção Permanente ainda existentes e participem na recuperação das áreas degradadas;

- Tendo em vista o actual baixo nível de degradação ambiental em que se encontram os locais estudados, tornam-se necessária a implementação de um projecto de educação ambiental para a sociedade. Este deve visar, por um lado, o cumprimento da legislação ambiental e, por outro lado, o uso adequado dos recursos hídricos naturais, evitando assim impactes ambientais irreversíveis e colocando em risco a saúde das comunidades locais;

- Deve-se acautelar a cedência de terrenos para construção de moradias e intensificação de cultura nas principais zonas de recarga aquífera e nas proximidades do rio;

- Implementar projectos de tratamento de águas residuais.

Medidas para proteger as massas de água locais

- As áreas de recarga dos aquíferos na área estudada devem ser bem definidas, protegidas e monitorizadas permitindo uma adequada infiltração das águas pluviais;

- Os Departamentos de Energia e Água do Governo Provincial devem ter em conta um conjunto de medidas para o fortalecimento da gestão dos recursos hídricos locais, no sentido de implementar barreiras de protecção nas áreas dos aquíferos, e uma melhor fiscalização nas áreas limítrofes ou contíguas para evitar uma possível contaminação das águas subterrâneas e superficiais;

- Devem ser definidas zonas de protecção para as principais fontes de água para consumo humano.

Medidas para aumentar a quantidade e a qualidade da água utilizada pelas populações

- A necessidade do Governo Provincial da Huila de implementar o projecto de águas do Lubango e assim aumentar a capacidade de produção e distribuição do líquido precioso;

- A implementação de um programa de canalização para as várias comunidades do Lubango;

- Deve-se estabelecer um projecto de planificação e complementaridade entre o abastecimento da água e o saneamento das águas residuais;

- Reforço da fiscalização nas áreas de protecção aquíferas;

- Utilização de águas residuais urbanas tratadas, na rega de espaços ajardinados e zonas verdes, rega de áreas agrícolas e nos usos urbanos como lavagem de equipamentos e viaturas;

- Construção de barreiras naturais, nos limites das zonas, de protecção (perímetros) precavendo a entrada de fogos postos frequentemente na borda da cordilheira do planalto;

- Aplicação de processos de reflorestação para repor a cobertura vegetal retirada pela acção do homem (queimadas e exploração de lenha e carvão) e a criação de uma zona tampão em relação a ocupação das zonas limítrofes do domínio estudado.

Bibliografia

Azevedo, J.M., Rodrigues, N.E.V., Baptista, E.S., (2011) Enquadramento geológico e hidrogeológico das captações da Bombagem e da Tundavala, Lubango, Angola. - *Proceedings do 8º Seminário sobre Águas Subterrâneas*. Lisboa. 3p.

Baptista, E.S., (2010) *Caracterização Hidrogeológica e Medidas de Protecção das Captações da Bombagem e da Tundavala*, Lubango, Angola. Dissertação de Mestrado em Geociências, Ramo Ambiente e Ordenamento, FCT, Universidade de Coimbra.

Correia, H., (1976) O grupo Chela e a formação Leba como novas unidades litoestratigráficas resultantes da redifinição da Formação da Chela na região do planalto da Humpata (SW de Angola), *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal*, 20, Lisboa, pp.65-130.

Carvalho, H. (1964) Contribuição para o conhecimento hidrogeológico do SW de Angola. Áreas do Distrito de Moçâmedes (Norte e Centro) e de Gambos-Chibia (Distrito da Huíla). 1º Volume – Introdução. Direcção dos Serviços de Geologia e Minas, Luanda.

Castro, L. (2012) Caracterização Hidrogeológica da Zona das Bimbas (Margens Direita e Esquerda do Rio Cavaco), Benguela, Angola, Dissertação de Mestrado em Geociências, Ramo Ambiente e Ordenamento, FCT, Universidade de Coimbra.

Diniz, A. L. (1972) – *Anuário*, Serviços Meteorológicos de Angola, Nova Lisboa.

Diniz, A. C. (1989) – *Bacias hidrográficas do SW angolano. Recursos em terras com aptidão para o regadio*, Ministério do Plano, Luanda.

Diniz, A. C. (1995) – *Bibliografia analítica sobre o meio físico, potencialidades agrárias e utilização da terra na bacia do Cunene*, Plano para a Utilização Integrada da Bacia Hidrográfica do rio Cunene, Lisboa.

Diniz, A. C. (1998) – *Angola – o meio Físico e potencialidade agrícolas*, Instituto para Cooperação Económica (ICE) Lisboa, Portugal.

Diniz, A. C. (2002) – *Grandes Bacias Hidrográficas de Angola. Recursos em terras com aptidão para o regadio das bacias do Cuanza, NW Angolano e SW Angolano*, Instituto da Cooperação Portuguesa e Agência Portuguesa de Apoio ao Desenvolvimento, Lisboa.

Diniz, A.C. (2006) - *Características Mesológica de Angola: Descrição e Correlação dos aspectos Fisiográficos dos solos e da Vegetação das zonas agrícolas Angolanas*. 2ª Edição. Instituto de apoio ao Desenvolvimento. Lisboa.

Feio, M. (1981) – *O relevo do Sudoeste de Angola. Estudo de Geomorfologia*, Memórias da Junta de Investigações Científicas do Ultramar, n.º 67 (2ª série), Lisboa.

Ferreira, J.M. (1989) – Geologia, O Meio Físico.

Firmino, M. (2011) – *Geomorfologia da região do Lubango e sedimentologia dos seus depósitos cenozóicos*. Dissertação de Mestrado em Geociências, Ramo Ambiente e Ordenamento, FCT, Universidade de Coimbra.

Jesus, M. (2012) *Abastecimento, uso e gestão da água nas cidades do Lobito e da Catumbela (Angola) - caracterização do estado actual e perspectivas de futuro*. Dissertação de Mestrado em Geociências, Ramo Ambiente e Ordenamento, FCT, Universidade de Coimbra.

Marques, M. M. (1977) Esboço de grandes unidades geomorfológicas de Angola (2ª aproximação), *Garcia de Orta: série de geologia*.- vol. 2, nº 1, p. 41-44

Medeiros, C., (1976) *A colonização das terras altas da Huíla*, Centro de Estudos Geográficos, Univ. de Lisboa, Lisboa, 705p.

MINADER (2002) – *Sudoeste de Angola: Projecto de Abastecimento de Águas às Áreas Rurais. Um estudo de Diagnóstico para o Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural*, Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural - EDIFOX Lda/Angola Alliance/A GRI-LOGIC, HORTEC Int. WSM, Luanda.

Pereira, E., Tassinari, C.C.G., Rodrigues, J.F., Van-Dúnem, M.V. (2011) New data on the deposition age of the volcano-sedimentary Chela Group and its Eburnean basement: implications to post-Eburnean crustal evolution of the SW of Angola, *Comunicações Geológicas*, nro 98, pp 29-40.

Meireles, M. H. P., (1981) *Ciências Sociais 1*, 2ª Edição, Porto Editora Lisboa.

Silveira, M. (1962) – *Climas de Angola*, Serviço Meteorológico de Angola, Luanda.
SMA (1955) – *O clima de Angola*, Serviço Meteorológico de Angola, Luanda.

SMA (1969) – *Trabalhos de Sismologia em Angola*, Memória 59, Serviço Meteorológico de Angola, Luanda.

Torres. F T.P, & Machado. P.J.O, (2011) – *Introdução a Climatologia*, São Paulo: Cengage Learning.

Vale, F.S., Simões, M.C. (1971) *Notícia Explicativa da Folha no 336 – Sá de Bandeira*, Carta Geológica de Angola, Escala 1:100.000, Luanda.

Wicander, R., Monroe, J.S. (2009) – *Fundamentos de Geologia*, São Paulo: Cengage Learning.

Cartografia

Carta de Angola - escala: 1:2.000; Número de folhas: 8. Fonte: Instituto de Geodesia e Cartografia de Angola (IGCA). Ano de publicação: 1991. Formato: JPEG. Depósito: IGCA.

Carta de Angola - escala: 1:5.000; Número de folhas: 45. Fonte: Instituto de Geodesia e Cartografia de Angola (IGCA). Ano de publicação: 1991. Formato: JPEG. Depósito: IGCA.

Carta Geológica de Angola - escala 1:100.000; nº 336. Fonte: Direcção Provincial dos Serviços de Geologia e Minas. Ano de publicação: 1969. Formato: JPEG. Depósito: Mapoteca do Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa (Lisboa).

Carta de Angola - escala 1:100.000; Folhas: 335, 336, 355 e 356. Fonte: Instituto de Geodesia e Cartografia de Angola (IGCA). Ano de publicação: 1984.

Carta Geológica de Angola – escala 1:1.000.000, Folha nº 3, Carvalho, H. (1974) Serviços de Geologia e Minas e Lab. Nacional de Investigação Científica e Tropical
Carta Topográfica de Angola – escala 1:200.000, Folha 335 (1985) Ed. Serviços Geográficos de Angola.

Carta Topográfica de Angola – escala 1:100.000, Folha 335 – Sul D-33 – Sá da Bandeira (1960). - Ed. Serviços Geográficos e Cadastrais, Ministério do Ultramar.

Carta Topográfica de Angola – escala 1:200.000, Folha 335 (1985) Ed. Serviços Geográficos de Angola.

Carta Geral dos Solos de Angola (1959) – Missão de Pedologia dos Solos de Angola, Memórias da Junta de Investigação do Ultramar, Lisboa.

Sítios da internet consultados

https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81gua_subterr%C3%A2nea Água Subterrânea, em Meio Ambiente, *acesso em 14 de Maio de 2009*,

<http://www.fride.org/Publications/Publication.aspx?Item=740> Albares, J. M. (2005) “2005: ano zero para ajuda mundial e os objectivos para o desenvolvimento do milénio”. Fundamento para as relações internacionais e Diálogo Exterior (FRIDE), *acesso em 16 de Agosto de 2010*

<http://www.un.org/spanish/largerfreedom/contents.htm> Annan, K. (2005). “Um conceito mais amplo da liberdade: desenvolvimento, segurança e direitos humanos para todos”. Washington: ONU-Informe del Secretário General, *acesso em 19 de Agosto de 2010*

<http://www.isf.es/adjuntos/cas/pdf/isformativo49-cast.pdf> Bitisf (2004). “Acceso al agua: Derecho Humano y Bien Común”. Numero 49, Abril, *acesso em 19 de Agosto de 2010*

<http://www.ebah.com.br/hidrografia-amazonica-ppt-a30587.html> *Hidrografia amazonica* *acesso em 16 de Agosto de 2010*

<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/BANCOMUNDIAL/QUIENESSOMOS/0,,contentMDK:20212361~pagePK:64057863~piPK:242674~theSitePK:263702,00.html> GBM (2005). “Quem somos – Os Objectivos do Milénio” *acesso em 19 de Agosto de 2010*

<http://breve-monografia-angolana.blogspot.pt> Hélder - (2006) Breve-Monografia de Angolana,. Território e Fronteiras, *acesso em Agosto de 2010*

<http://www.irc.nl/index.php/content/view/full/288> IRC-(2000). Sustaining changes in hygiene behavior. Final Report, *acesso em 22 de Agosto de 2010*

<http://lubango.no.sapo.pt/html/lubango.html> Seixas, J., 2001-2009, *Sítios Sobre a Huíla e Lubango*, *acesso em 04 de Setembro de 2010*

<http://lubango.no.sapo.pt/index.html> Seixas, J., *SÍTIO SOBRE A HUILA*, 2001-2009, *acesso em 7 de Setembro de 2010*

<http://www.aldeianovaaao.com/ao/index.php?option=comcontent&task=view&id=39&Itemid=39&limit=1&limitstart=1> PAN, J. G. (2008), *Água e modelos agro-alimentares*, *acesso em 7 de Setembro de 2010*

<http://econ.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/EXTDEC/EXTRESEARCH/EXTWDRS/0,,contentMDK:20227703~pagePK:478093~piPK:477627~theSitePK:477624,00.html> WHO/UNEP -“Water Pollution Control”, Ed. E&FN Spon. United Kingdom. 1997 WORLD BANK GROUP “World Development Report (WDR) 2000/2001: Attacking Poverty”, *acesso em 27 de Agosto de 2010*