

## Capítulo 1. Introdução

### 1.1. Introdução ao tema

A água é uma substância natural essencial à vida. Toda a evolução dos seres vivos está associada e depende deste líquido, que se encontra espalhado por todo o planeta, nas mais diversas formas e estados, formando oceanos, glaciares, lagos e rios (Marques, 2012).

Segundo Marques *et al*, (2012), a água cobre cerca de três quartos da superfície da Terra, com um volume de aproximadamente igual a  $1380 \times 10^{15}$  metros cúbicos. Abaixo da superfície, infiltrada no solo, existem mais de quatro milhões de quilômetros cúbicos em cavernas, formando poços, lençóis freáticos e aquíferos. Em torno do planeta, na atmosfera terrestre, existem mais de cinco mil quilômetros cúbicos de água, sob a forma de vapor.

Os relatórios anuais das Nações Unidas (ONU) fazem usualmente projecções para o futuro da humanidade. A ONU prevê que em 2050 mais de 45% da população mundial não poderá contar com a porção mínima individual de água para as necessidades básicas. Segundo dados estatísticos existem hoje 1,1 bilhões de pessoas praticamente sem acesso à água doce. Estas mesmas estatísticas projectam um estado de emergência em pouco mais de 40 anos, quando a população atingir a cifra de 10 bilhões de indivíduos. A partir destes dados projecta-se que a próxima guerra mundial será pela água e não pelo petróleo.” (Barbosa, 2008).

Antigos cientistas e filósofos acreditavam que a água do mar convertia-se em água doce, na medida em que fluía do mar até alcançar a fonte. O conhecimento claro do ciclo hidrológico, baseado em observações e dados quantitativos, foi alcançado apenas na segunda metade do século XVII. Durante o século seguinte, fundamentos de Geologia foram estabelecidos, fornecendo subsídios para o entendimento da ocorrência e movimento das águas subterrâneas. A partir da Revolução Industrial, iniciada nesse mesmo século na Inglaterra, a importância das águas subterrâneas foi definitivamente reconhecida na Europa, uma vez que a procura de água aumentou de forma rápida, para abastecimento das emergentes actividades industriais e crescimento acelerado dos centros urbanos. Poços com

profundidades superiores a 500 metros foram perfurados em França na primeira metade do século XIX (Heller *et al*, 2006).

Em Geologia considera-se como água subterrânea toda aquela que ocupa os espaços vazios de uma formação geológica, podendo estas formações constituir aquíferos se a água existir em quantidade suficiente para ser explorada.

Nem toda a água que está abaixo da superfície terrestre é considerada como água subterrânea por haver uma distinção daquela que ocupa níveis abaixo do lençol freático, e níveis acima daquele limite (zona não-saturada); esta é chamada de água de solo e tem maior interesse para a agronomia e botânica. Em geral, as águas subterrâneas são armazenadas ou em rochas sedimentares porosas e permeáveis - aquíferos porosos -, ou em rochas fracturadas - aquíferos fissurados.

As rochas calcárias, nas quais a baixa acidez das águas da chuva é capaz de abrir verdadeiros túneis e galerias - carsificação -, podem constituir importantes reservatórios de água subterrânea.

As águas subterrâneas integram a componente não visível e mais lenta do Ciclo da água. O tempo decorrido entre a infiltração de uma gota de água da chuva no terreno até à sua reaparição em nascentes, galerias, poços, furos, ou outras manifestações naturais ou forçadas, pode variar entre alguns meses a vários anos, centenas ou milhares de anos no caso das águas minerais e termominerais de circuito lento e profundo. Este ciclo é movido pela acção da gravidade, pelo calor da terra e pela energia solar, embora, para as águas mais profundas, possam ser considerados outros mecanismos (Carvalho, 2006).

Apesar dos avanços obtidos na Hidrogeologia, observa-se a nível mundial uma carência de dados detalhados sobre a disponibilidade, qualidade, uso e distribuição dos recursos de água subterrânea, indispensáveis para a sua adequada gestão. Usualmente, tais dados só podem ser obtidos por meio de perfurações subterrâneas, cujos custos são relativamente elevados, dificultando, assim o estabelecimento de redes de monitorização. Mesmo quando recursos são obtidos para financiamento de alguns estudos, a geologia do local pode ser tão peculiar e a área pesquisada tão limitada em extensão que a sua utilidade como base de dados é restrita (Cleary, 1989).

Segundo Heller *et al* (2006) os sistemas de monitorização de águas subterrâneas precisam ser aprimorados em diversas regiões para disponibilizar

informações relativas às taxas de exploração e esvaziamento dos aquíferos subterrâneos e à qualidade de suas águas.

Devido à grande produtividade e à qualidade de água obtida a partir de captações subterrâneas por meio de furos de captação de água, este tem sido um dos métodos mais utilizados para abastecimento de água em muitos municípios da Província da Huíla, Angola, nomeadamente nos Municípios do Lubango e da Humpata.

Com este estudo, pretendemos demonstrar a importância que têm as águas subterrâneas para o abastecimento das populações do Município da Humpata e poder avaliar o potencial de hidrogeológico desta região, bem como a qualidade da água subterrânea.

## 1.2. Recursos Hídricos na Terra

Embora a água ocupe a maior parte do planeta, o maior volume, cerca de 97% está nos oceanos e é salgada. Da restante parcela de 3%, que representa a totalidade de água doce existente, cerca de 2% está concentrada nas regiões polares, no estado sólido, e menos de 0,1% encontra-se na atmosfera, sob a forma de vapor. Dos cerca de 1% que existem no estado líquido, a maior parte encontra-se no subsolo a elevadas profundidades, o que dificulta a sua utilização, e apenas 0,01% se encontra disponível em lagos e rios superficiais (Marques, 2012).

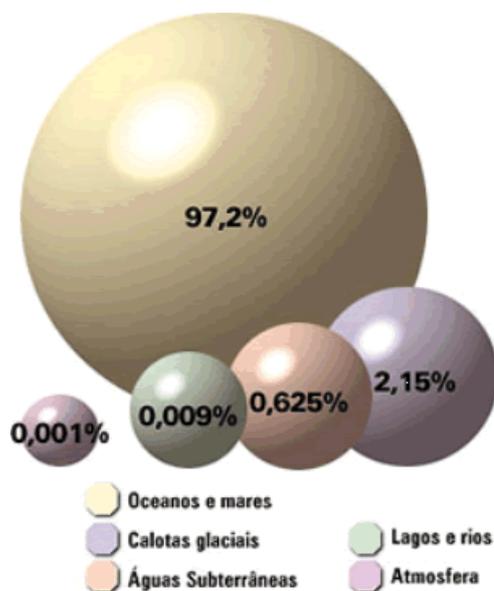


Fig. 1.1: Distribuição da água no planeta Terra (IEPA,2003)

A humanidade tem o seu desenvolvimento associado aos usos da água e durante milénios o Homem considerou-a como um recurso inesgotável. Só há algumas décadas a humanidade despertou para a dura realidade de que, face aos usos desregrados do passado, os recursos naturais estão a tornar-se escassos e que é preciso acabar com a falsa ideia de que os recursos hídricos são inesgotáveis. Não sendo inesgotável e definida como um recurso renovável, mas em que apenas uma pequeníssima parcela é “facilmente acessível”, torna-se necessário geri-la de forma racional e sustentável.

Considerada, nos dois séculos precedentes e do ponto de vista jurídico, como um bem privado, é hoje de acordo com o Direito Internacional um “bem público universal”; esta implicação indica que todos os consumos de água doce pertencem por direito aos países que os detenham, sendo responsabilidade da sua gestão em todas as vertentes: captação, utilização e pesquisa da responsabilidade dos Estados de direito. (Marques, 2008).

Qualquer comunidade de seres vivos necessita de determinada quantidade de água, cuja qualidade deve ser devidamente controlada e assegurada em função do tipo de utilização que irá ter.

A distribuição da água no Mundo é muito desigual e, além disso, uma grande parte da população está situada em regiões com carência de água. No momento cabe a estes países, em carácter de urgência, desenvolver tecnologias que permitam a captação, armazenamento e preservação da água e seus aquíferos (Heller *et al*, 2006).

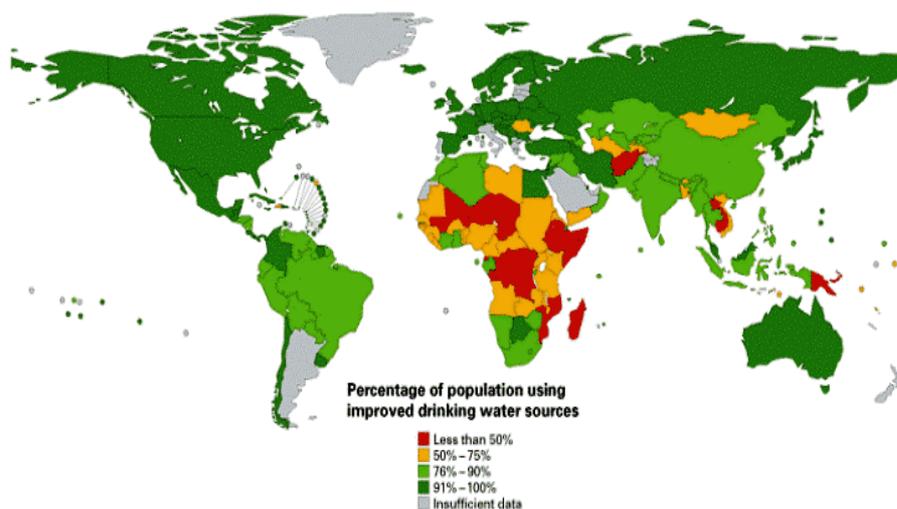


Fig 1.2: Percentagem da população que utiliza fontes melhoradas de água potável.  
([www.portaldoprofessor.mec.gov.br](http://www.portaldoprofessor.mec.gov.br))

Contrariamente aquilo que normalmente é divulgado, não existe falta de água, mas sim uma “crise na gestão da água”. Torna-se, pois, necessário gerir correctamente os recursos hídricos disponíveis, o que passará, certamente, pela implementação de medidas com o objectivo de racionalizar os consumos, podendo-se referir como exemplos: a adopção de tarifários mais realistas que sirvam para desincentivar consumos exagerados, principalmente a nível doméstico.

### 1.3. Recursos Hídricos em África

Segundo a BBC Brasil, estima-se que mais de 300 milhões de pessoas em África não tenham acesso a água potável e a demanda deve aumentar consideravelmente nas próximas décadas, devido ao crescimento populacional e à necessidade de irrigação para plantações.

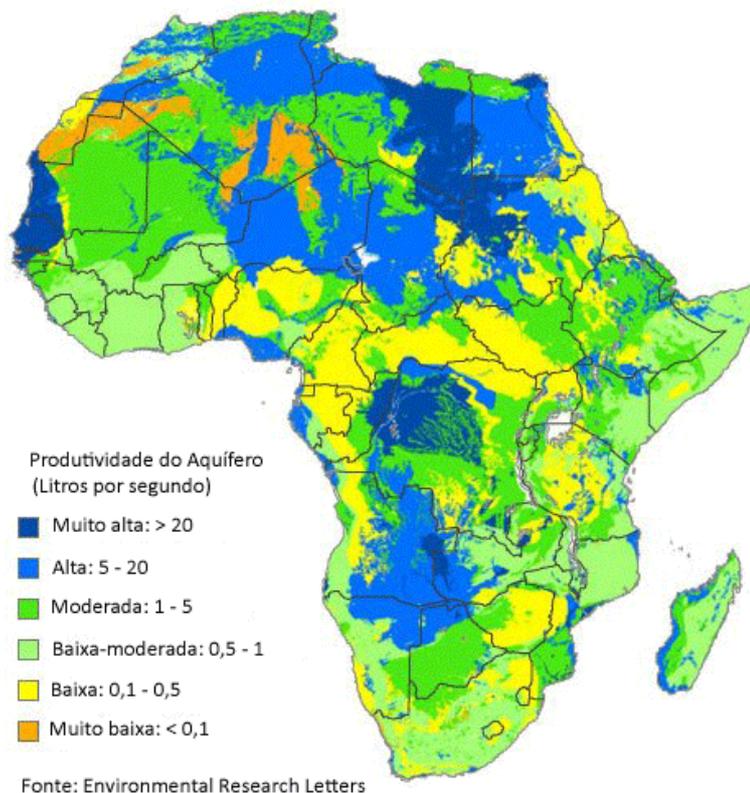
Rios e lagos estão sujeitos a enchentes e secas sazonais, que podem limitar a disponibilidade da água. Actualmente, apenas 5% das terras cultiváveis africanas são irrigadas (McGrath, 2012).

Alguns cientistas acreditam que o continente africano, conhecido pelo clima seco, tem enormes reservas subterrâneas de água. No mais completo mapa já feito da escala e distribuição da água existente em baixo do deserto do Saara e em outras partes da África, os especialistas dizem que esses reservatórios subterrâneos poderiam fornecer água suficiente para o consumo e agricultura em todo o continente, mas admitem que o processo de extração possa ser complexo.

O trabalho, publicado na revista científica *Environmental Research Letters*, diz ainda que muitos dos antigos aquíferos africanos foram preenchidos pela última vez há 5 mil anos atrás (BBC-Brasil, 2012).

Por outro lado, cientistas do *British Geological Survey* (BGS) e da *University College of London* (UCL) esperam que o novo mapeamento chame atenção para o potencial dos reservatórios subterrâneos.

"As maiores reservas de água subterrâneas ficam no norte da África, em grandes bacias sedimentares, na Líbia, Argélia e Chade", afirmou Helen Bonsor, do BGS. "A quantidade armazenada nessas bacias é equivalente a 75 metros de água sobre aquela área. É uma quantidade enorme."



**Fig 1.3: Produtividade aquífera no continente africano. (BBC-Brasil, 2008)**

#### **1.4. Recursos Hídricos em Angola**

Angola possui uma extensa e complexa rede hidrográfica com 47 bacias hidrográficas principais, tendo, praticamente, todos os principais rios as suas nascentes no interior do país com excepção dos rios Zaire ou Congo, Zambeze e Chilungo. As potencialidades hídricas quer superficiais, quer subterrâneas são consideráveis. Contudo, a actual utilização da água em Angola assume, ainda, reduzidas proporções, uma vez que os esquemas de irrigação em grande escala não estão ainda desenvolvidos, prevendo-se que a médio e longo prazo aumentem consideravelmente as necessidades em recursos hídricos, sendo de extrema importância o estabelecimento de mecanismos que permitam uma gestão integrada dos recursos hídricos, por forma a salvaguardar a sua utilização sustentável a longo prazo. Deste modo, segundo as autoridades locais, apenas metade dos 16 milhões de habitantes têm acesso a água potável canalizada (Andrade, 2008).



**Fig 1.4: Crianças em zona com águas paradas e contaminadas.**

As razões vão desde os problemas com a captação de água às dificuldades em manter estações de armazenamento, tratamento e distribuição deste recurso tão importante para os seres vivos. Somado a isso, ainda há o facto da grande parte das redes de canalização em Angola estar obsoleta.

Por outra, há ainda a questão das águas subterrâneas que segundo a FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura), as estimativas dos recursos de água subterrâneas renováveis em Angola apontam para cerca de 58 km<sup>3</sup>/ano. Embora haja poços por todo o país, as reservas de água subterrânea não são, em geral, desenvolvidas de forma significativa devido à fácil disponibilidade de água de superfície. Os aquíferos mais importantes encontram-se em depósitos sedimentares. A profundidade da água subterrânea varia entre 10 e 30 m no Planalto Central à volta do Huambo, entre 5 e 30 m na zona costeira e a mais de 200 m nas zonas semi-áridas do sul da bacia do rio Cunene onde a produção dos poços é muito baixa. (FAO, 2005)

Apesar da profundidade a que se encontram as águas subterrâneas, um inventário dos pontos de água, realizado em 1975, mostrou que a maioria dos poços (mais de 2 000) se encontrava no sudoeste do país, dentro ou à volta da bacia do rio Cunene. Há uma baixa precipitação nesta região e, além do rio, há poucas outras fontes de água. Cerca de 40 % dos poços do país estão situados na Província de Cunene, 30 % na Huíla e 15 % no Namibe e cerca de 70 % do gado encontra-se nestas províncias. Assim, os poços destinam-se, principalmente, a satisfazer as

necessidades domésticas e pastoris e a produtividade dos poços é, geralmente boa ou muito boa, equivalendo a um valor entre 1 e 10 litros por segundo.

A recarga de água subterrânea nesta área é muito baixa e, segundo os resultados de modelos das águas subterrâneas, elaborados em 1996, o próprio aquífero é vulnerável a um excesso de exploração. Portanto, aconselha-se que haja cuidado no uso dos recursos hídricos subterrâneos na zona do Cunene a fim de se evitar o aparecimento de problemas relacionados com o esgotamento do aquífero (LNEC, 1996).

O secretário de Estado para Águas, Luís Filipe da Silva, afirmou recentemente que o governo está a efectuar estudos e pesquisas para melhor aproveitar os recursos das águas subterrâneas do país. Segundo o secretário, o sector está numa fase de estudos e pesquisas hidrogeológicas, com a finalidade de identificar, proteger e aproveitar os principais recursos das águas subterrâneas, em benefício da população e desenvolvimento do país. Realçou também que, apesar de pouco explorados, as águas subterrâneas constituem já uma fonte de abastecimento à população de algumas províncias do país, como a Huíla, Namibe e Cunene.

### **1.5. Recursos Hídricos no Município da Humpata**

A sede do município da Humpata é uma zona privilegiada, no que concerne aos recursos hídricos. Em termos de água superficial existem nesta região vários cursos de água que atravessam a vila, originários do rio ali existente “Tchipeio”, nascentes naturais que permitem o fácil acesso da água às populações.

Quanto a água subterrânea, visto que as formações geológicas da região são essencialmente constituídas por rochas cristalinas fracturadas, chega-se facilmente a conclusão de que com captações subterrâneas é possível obter-se caudais de exploração água significativos e satisfatórios para um sistema de abastecimento de água convencional para a referida região pois a pluviosidade média permite manter uma exploração racional dos recursos.

Recentemente foram efectuadas obras de reabilitação e expansão do sistema de abastecimento de água desta região, financiadas pelo Governo Provincial da Huíla, em que foi efectuada uma operação de captação de água em nascente, com obras de melhoria da mesma nascente e depois foram levadas a cabo todas as

operações subsequentes para a complementação do sistema de abastecimento de água.

Segundo a Administração Local, o investimento efectuado não foi suficiente para suprir as necessidades globais dos habitantes da Humpata e urge neste momento a necessidade de se expandir o sistema de abastecimento de água. Deste modo, devem ser realizadas algumas intervenções para reforço do mesmo sistema, uma delas deverá ser a melhoria e expansão do sistema de captação.



**Fig 1.5: Principal nascente de água da Humpata (Tchipeio)**

Tal como referido no ponto anterior, os furos de captação de água têm-se mostrado como uma solução para o fornecimento de água em muitos pontos do país.

Para a Humpata, atendendo ao seu potencial hidrográfico e capacidade de recarga dos aquíferos é possível fazer-se uma forte aposta na construção de novas captações subterrâneas para a resolução do problema de distribuição de água, já que da análise efectuada pela DPEA - Huíla (Direcção Provincial de Energia e Água) às captações existentes nesta região se concluiu que a água captada satisfaz os padrões mínimos exigidos de qualidade.

Mas é claro que antes de se tomar esta decisão, deverá ser efectuado um estudo aprofundado sobre a situação actual do vasto Sistema aquífero implantado nas formações geológicas do Grupo da Chela, bem como da sua capacidade de recarga hídrica.

## 1.6. Objectivos

Este trabalho tem como objectivo principal a caracterização hidrogeológica de um sector particular - zona circundante da Vila da Humpata - do vasto Sistema aquífero implantado na sequência vulcano-sedimentar do Grupo da Chela.

Como objectivos secundários destacam-se:

- descrição do enquadramento topográfico, climatológico, geológico e do uso e ocupação dos solos na zona seleccionada;

- análise de elementos geológicos, hidrogeológicos e hidráulicos de sete furos construídos na zona e gentilmente fornecidos pela Empresa SELA Grup;

- caracterização físico-química da água subterrânea - amostrada em furos e na principal nascente da Humpata - e superficial, nomeadamente no rio Tchipeio, principal cursos de água local;

- apresentação de medidas conducentes à preservação e boa gestão e exploração das massas de água locais, particularmente das águas subterrâneas.

## 1.7. Metodologias

A elaboração deste estudo baseou-se:

A. na recolha de elementos bibliográficos referentes à região, à temática em análise, (caracterização hidrogeológica) e às captações (furos) seleccionadas;

B. desenvolvimento de actividades e ensaio de campo, nomeadamente:

- reconhecimento geológico e estrutural;
- levantamento dos pontos de água locais (nascentes, furos e rio) e caracterização do espaço físico envolvente;

- medição *in situ* dos parâmetros físico-químicos da água;
- avaliação da cobertura da superfície e das actividades antrópicas potencialmente contaminantes da água;

C. desenvolvimento de estudos de gabinete para integração da informação colhida.

## Capítulo 2. Enquadramento regional da área estudada

No presente capítulo pretende-se fazer uma caracterização da área em estudo nos domínios Geográfico, Administrativo, Geológico, Hidrológico, Climatológico e uso e ocupação do solo.

### 2.1. Geográfico e Administrativo

O município da Humpata situa-se a cerca de 20 km a sul da cidade do Lubango. Situada no planalto da Província da Huíla, a uma altitude média de 1937m com uma densidade populacional estimada em 31.000 habitantes, é limitada a Norte pelo município do Lubango, a Sul pelo município do Virei (Namibe), a Este pelo município da Chibia e a Oeste pelo município da Bibala (Namibe).

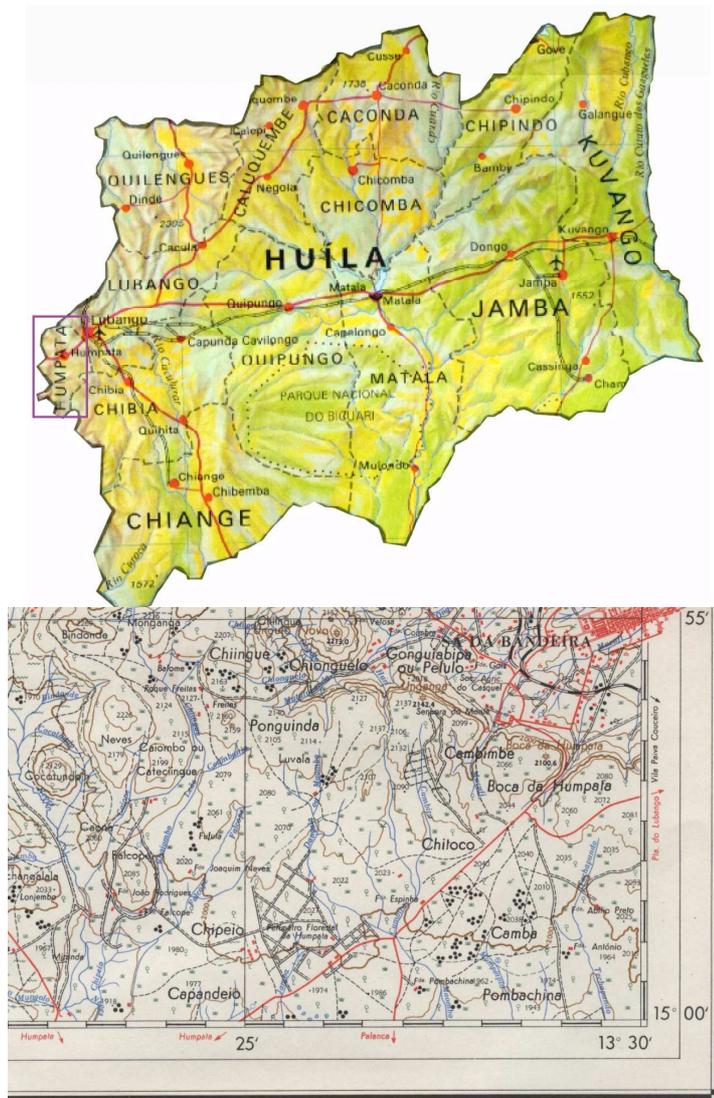
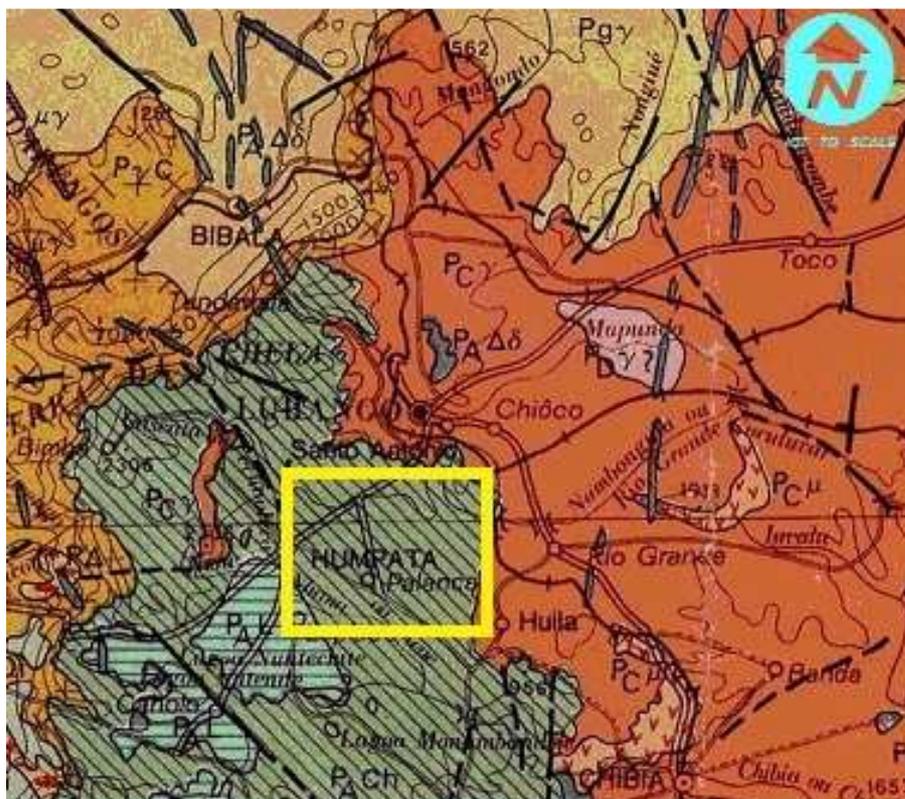


Figura 2.1: Enquadramento geográfico, administrativo e topográfico (fragmento da Carta Topográfica de Angola, 1:200.000, Folha 335 (1985) da região em estudo.

## 2.2. Geológico e tectónico

Segundo Marques (1977) Angola está dividida em sete unidades geomorfológicas: o Planalto Central, caracterizado por uma extensa superfície aplanada no Cretácico Superior; a Cadeia Marginal de Montanhas, constituída por relevos muito acidentados, resultantes da movimentação em flexura do flanco Atlântico; a Zona de Transição, caracterizada pela presença de vários patamares que podem corresponder, ou não, a uma aplanação deformada; a Orla Meridional da Bacia do Congo, cujo relevo é condicionado pela tectónica de subsidência que afecta a bacia do Congo; a Orla Setentrional da Bacia do Kalahari, cujo relevo está condicionado pela evolução da bacia endorreica do Kuanhama; a Bacia do Zambeze, constituída por uma unidade que drena para o Índico e a Orla Litoral, constituída por materiais resultantes da abrasão marinha a oeste e pelo recuo da escarpa a leste. O Planalto da Humpata constitui um elemento importante do sistema orográfico regional designado por Serra da Chela.



(Legenda na página seguinte)

Figura 2.2 – Fragmento da Carta Geológica da região (Carvalho, 1974).

Legenda da Figura 2.2

	Noritos e doleritos (1118 Ma)
	Formação da Leba-Tchamalindi (calcários dolomíticos com estromatólitos)
	grupo da Chela (silitos, argilitos, arenitos, vulcanoclastitos, etc)
	Granitos bióticos da Região Central (granitos regionais) P <sub>cr</sub> (2250m.a.); granodioritos e dioritos (P <sub>cΔ</sub> )
	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

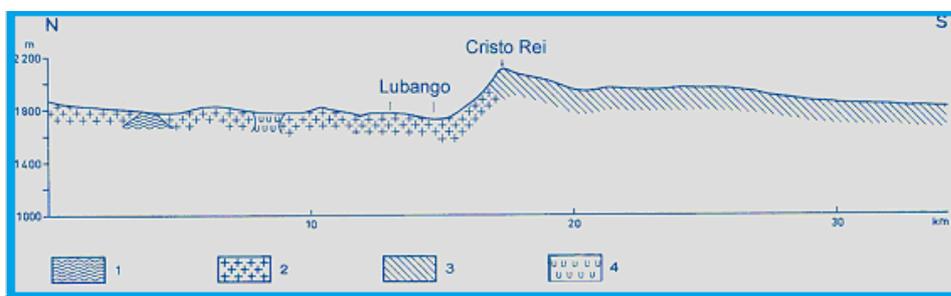


Figura 2.3: Corte Geológico na área do Lubango com direcção N-S (PDPL, 2000)

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

Do ponto de vista litológico (Fig. 2.2 e 2.3), o bordo do planalto da Humpata, é aqui maioritariamente constituído pelos quartzitos do Grupo da Chela (unidade PACH; Matias, 1980), onde se intercalam os calcários dolomíticos da formação da Leba-Tchamalindi (unidade PAL; Matias, 1980), ambos de idade pan-africana. Para nordeste e no extremo sudeste passa à unidade PC<sub>γ</sub> (granitos biotíticos, granodioritos e dioritos) de idade Eburneana. O ressalto para a peneplanície traduz-se, litologicamente, pela passagem aos granitos do Caraculo-Bibala (unidade P<sub>gC</sub>; Matias, 1980), a oeste e noroeste, e aos granodioritos e dioritos do Sudoeste (unidade PD; Matias, 1980), a sudoeste, de idade Limpopo-Liberiana (2200 a 2700 Ma). Nesta peneplanície destacam-se relevos de dureza preferencialmente direccionados segundo NW-SE, um dos quais exhibe a forma de um largo sigmóide em “S”, constituídos por rochas básicas e ultrabásicas.

O grupo da Chela, é constituído por cinzas vulcânicas, conglomerados e quartzitos da Formação do Bruco, que comanda o relevo do Planalto, e dispõe-se em camadas quase sempre sub-horizontais sobre rochas graníticas (Figura 2.4). Para sul, no substrato granítico, afloram gabros e anortositos.

Segue-se uma descrição da sequência estratigráfica neste Planalto (Humpata-Bimbe) organizada da base para o topo (*in* Baptista, 2010):

- A - Granito
- B - Conglomerados e arenitos (Formação da Tundavala)
- C - Cinzas vulcânicas (Formação da Humpata)
- D - Quartzitos da Formação do Bruco
- E - Formação de Cangalongue
- F - Dolomitos da Formação da Leba

O texto a seguir contém uma breve descrição das principais particularidades de cada uma das unidades:

#### **A – 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 aplanção inferior do Planalto Central.

#### **B - Conglomerados e arenitos (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 Sr<sup>a</sup> do Monte), no vale de Ongolo e próximo da estação zootécnica da Humpata (Correia, 1976).

### **C - Cinzas vulcânicas (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, e 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.

### **D - 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 subconcooidal ou concooidal. Além do quartzo existem outros minerais que, ou 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.

### **E - Formação de Cangalongue**

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

### **F - 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.

De toda a sequência descrita, na zona em estudo apenas afloram as Unidades B, C e D. Estas constituem potenciais áreas de aquíferos pelo facto de se apresentarem como formações permeáveis dispostas sobre os granitos impermeáveis.

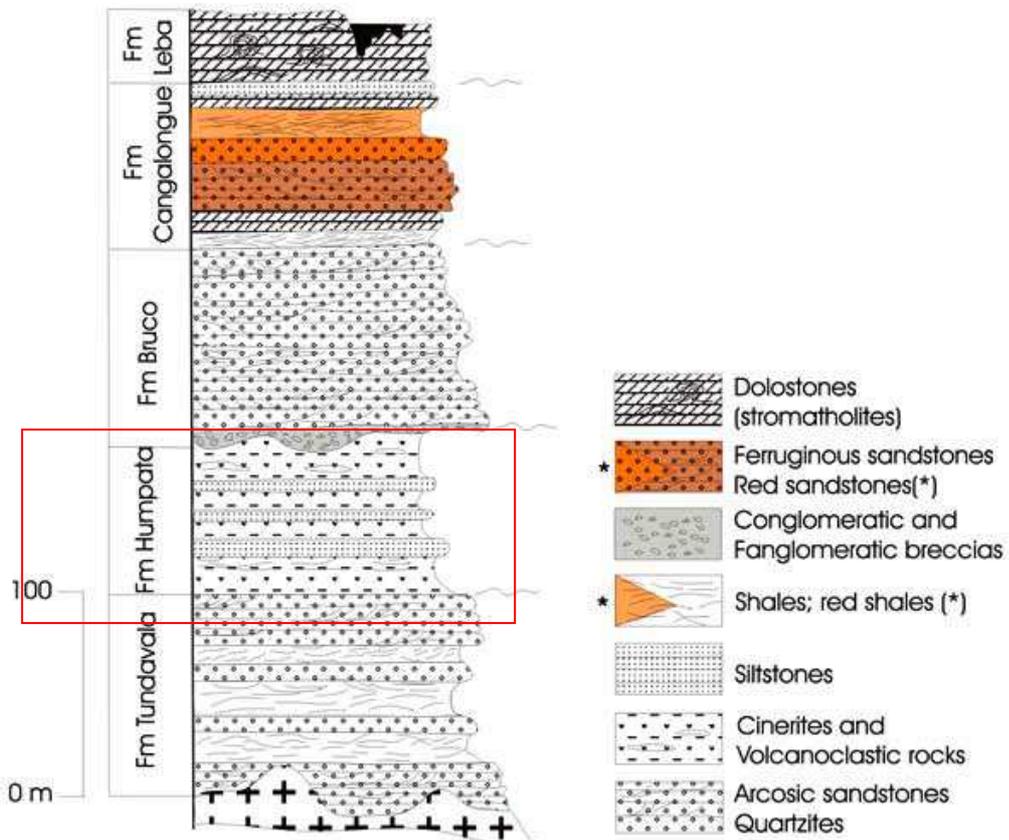


Figura 2.4 - Sequência litostratigráfica do Grupo Chela proposta por Pereira *et al* (2011).

Quer as formações do Planalto da Humpata, quer as formações circundantes e de base apresentam-se intensamente fracturadas (Fig. 2.5). No capítulo seguinte discriminam-se as principais famílias de fracturação, assim como as suas principais características.

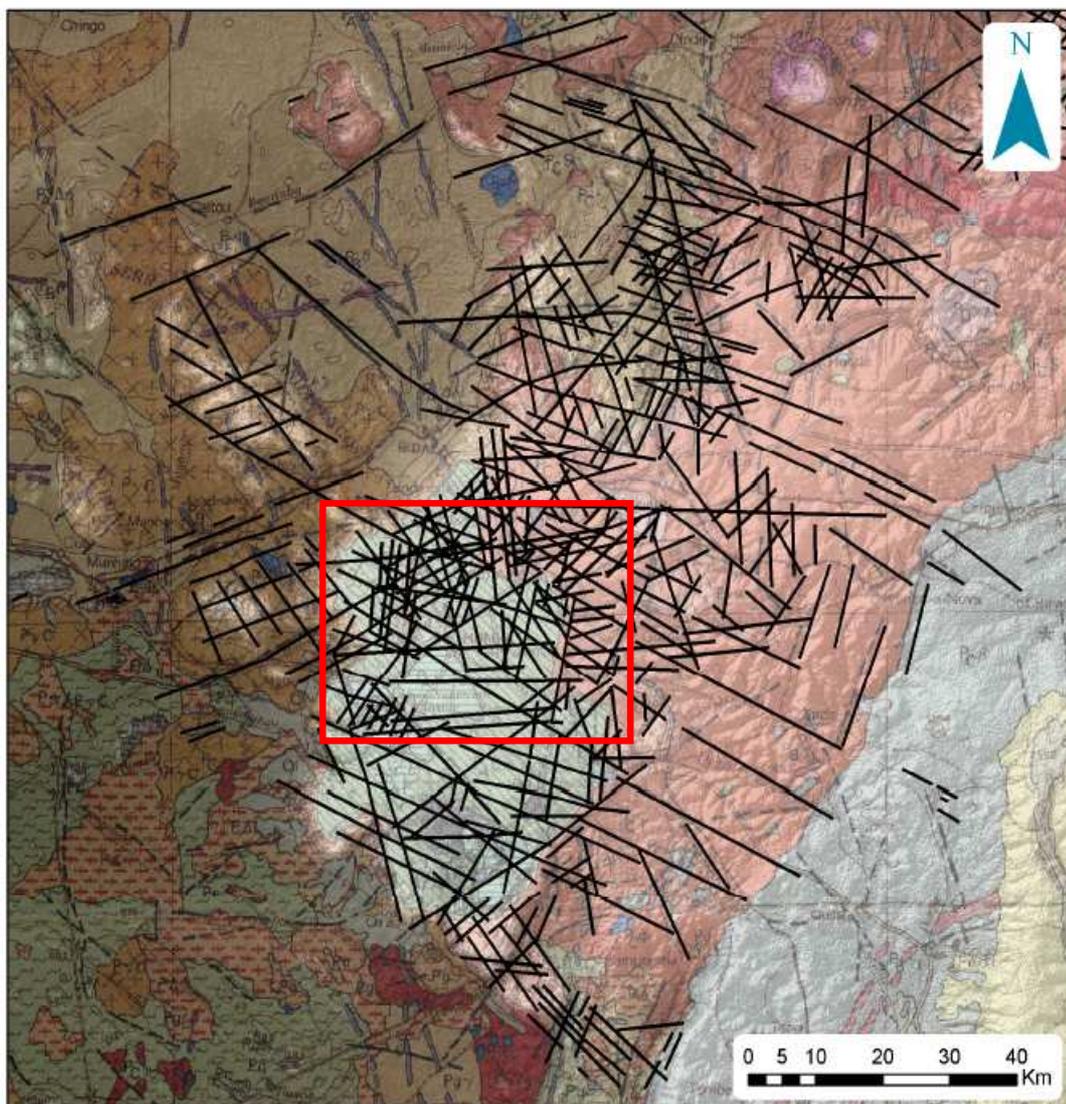


Figura 2.5 - Carta de fracturação da região na envolvente da zona em estudo (Mpengo, 2010).

## 2.3. Hidrográfico e climatológico

- **Hidrográfico**

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 eles 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 e em certos pontos também o rio fica interrompido do seu curso normal.

A bacia hidrográfica do rio Cunene (figura 2.5), 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 a partir das cataratas do Ruacaná de fronteira com a Namíbia. 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 km<sup>2</sup>, dos quais 150.800 km<sup>2</sup> em território angolano. É um dos poucos rios permanentes nesta região árida. O seu caudal anual médio é de 174 m<sup>3</sup>/s na foz (Barata, 2011).

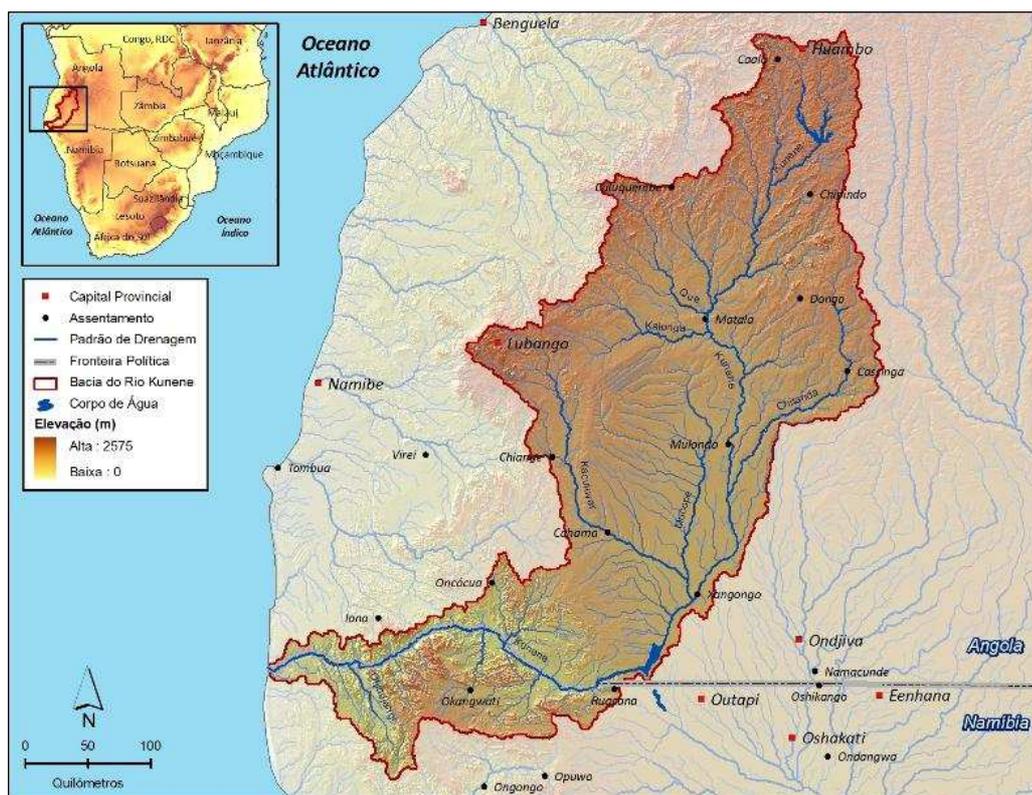


Figura 2.6: Bacia hidrográfica do Rio Cunene (Kit de sensibilização sobre o rio Kunene, 2010)

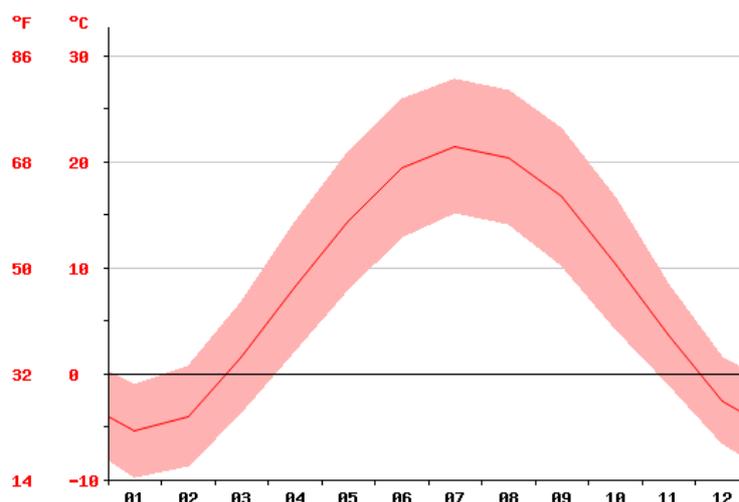
- **Climatológico**

Angola tem duas estações: a estação das chuvas e a estação seca, ou do cacimbo. A primeira, mais quente, dura normalmente de Setembro até Maio. O regime das chuvas e a variação anual das temperaturas são as duas características climáticas comuns a todas as regiões. A situação geográfica de Angola, na zona intertropical e subtropical do hemisfério Sul, a proximidade do mar, a corrente fria de Benguela e as características do relevo são os factores que determinam e caracterizam duas regiões climáticas distintas.

A temperatura média anual é de 23 graus:

- **Região Litoral** – acima dos 23°C
- **Região Interior**
  - Zona Norte – Temperaturas muito elevadas.
  - Zona de Altitude – Temperatura média anual ronda os 18°C.
  - Zona Sudoeste – Temperaturas baixas mesmo nas estações quentes.

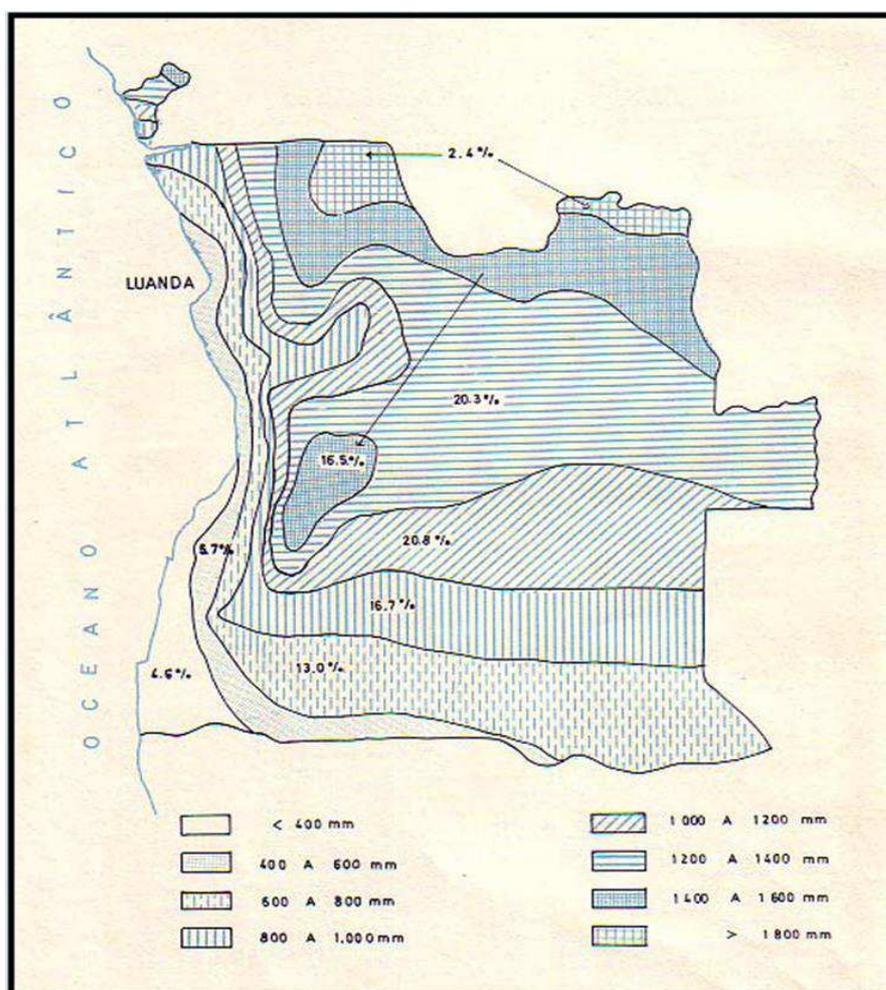
(*Norwegian Water Resources and Energy Directorate, 2006*).



**Figura 2.7: Temperatura média anual, no contexto nacional (Norwegian Water Resources, 2006)**

Segundo a Norwegian Water Resources and Energy Directorate, a precipitação média anual em Angola é de 50mm, nos planaltos do norte e centrais (média de 1250 e 1750 milímetros):

A zona em estudo enquadra-se no planalto central da Huila (com precipitações médias no intervalo de 1250mm a 1750mm). Relativamente à área estudada existe uma considerável falta de elementos climatológicos. Contudo, alguns autores (Castro, 2012), afirmam que o clima é quente ou tropical de altitude, temperatura média anual 20°C. O mês em que se verifica as temperaturas mais baixas é Julho, ao passo que as temperaturas mais elevadas verificam-se nos meses de Outubro e Novembro e uma média anual pluviométrica superior a 1200 mm. A vegetação é predominante caracterizada por árvores carnudas de pequeno e médio porte, no meio de erva rasteira, típica das regiões de mudança para o deserto.



**Fig 2.8: Precipitações médias anuais em Angola, (Fonte: Norwegian Water Resources and Energy Directorate)**

Por falta de dados e devido a inexistência de estações meteorológicas nesta região, não é possível obtermos dados precisos da precipitação dos últimos anos na

Humpata. Mas a partir de informação da estação do Lubango, recolhida durante o período 1937/1975, observa-se que o máximo de precipitação em Angola ocorre em Março com aproximadamente 190 mm. A época seca é de 5 meses e ocorre de Maio a Setembro com valores quantitativos de precipitação que não ultrapassam os 6.3 mm médios mensais em Maio. Nos meses de Junho e Julho é rara a queda de precipitação.

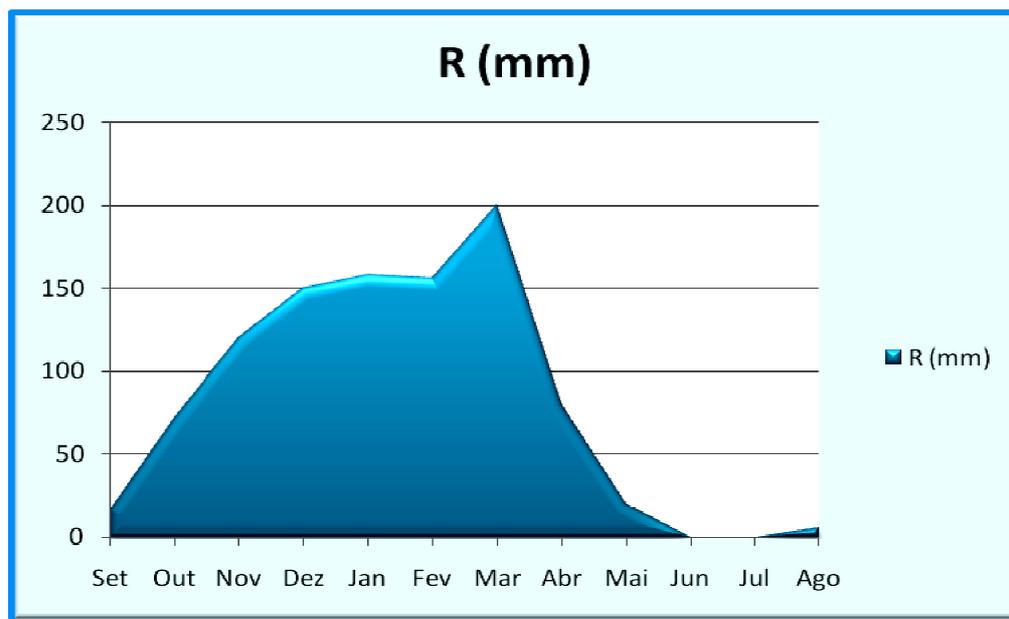


Figura 2.9: Gráfico pluviométrico da estação do Lubango (Baptista, 2010)

A partir de 1953, o Serviço Meteorológico de Angola, começou a registar também o número de dias com precipitação superior à 1 e 10mm. A Figura 2.10 representa o número médio de dias por mês, durante o período 1953/74, em que se registaram precipitações superiores a 1 e a 10 mm.

Relativamente ao número médio de dias com precipitação superior à 1 mm, salienta-se que de Novembro a Março chove praticamente durante mais de metade dos dias em cada mês. Nos meses de Maio a Setembro nunca foram registadas precipitações superiores a 10 mm diários. É de Outubro a Abril que este valor quantitativo de precipitação começa a verificar-se, podendo mesmo afirmar-se que há um aumento gradual no número médio de dias com precipitação superior a 10 mm até Março, mês em que se registaram 7 dias com este quantitativo de precipitação.

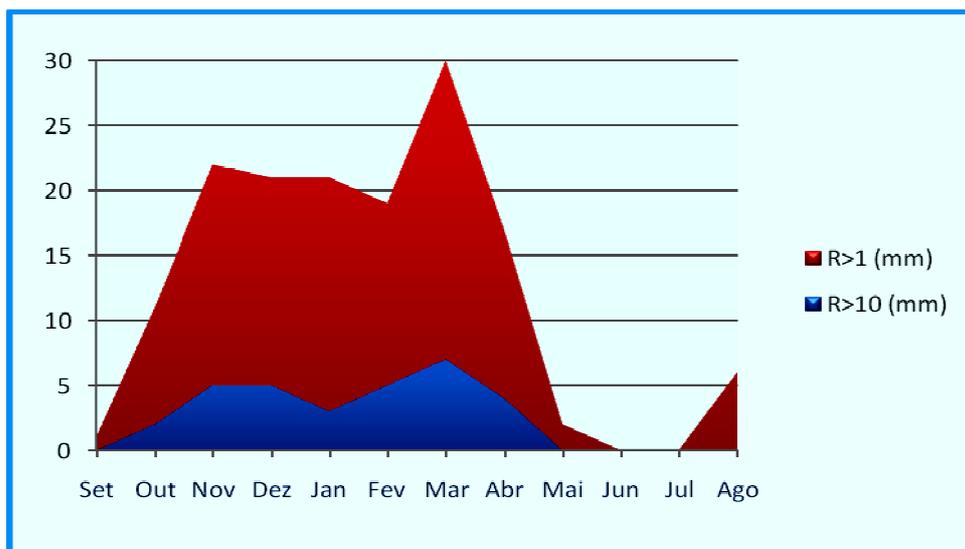
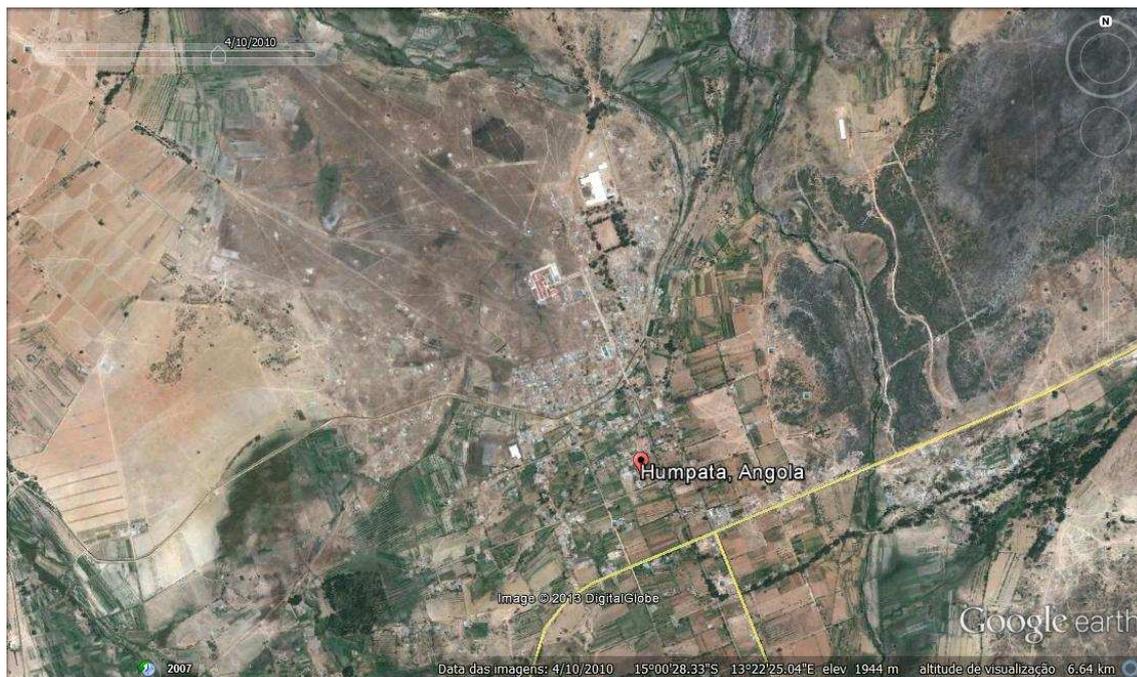


Figura 2.10: Número médio de dias com precipitação superior a 1 e a 10 mm no período 1953/74 (Baptista, 2010)

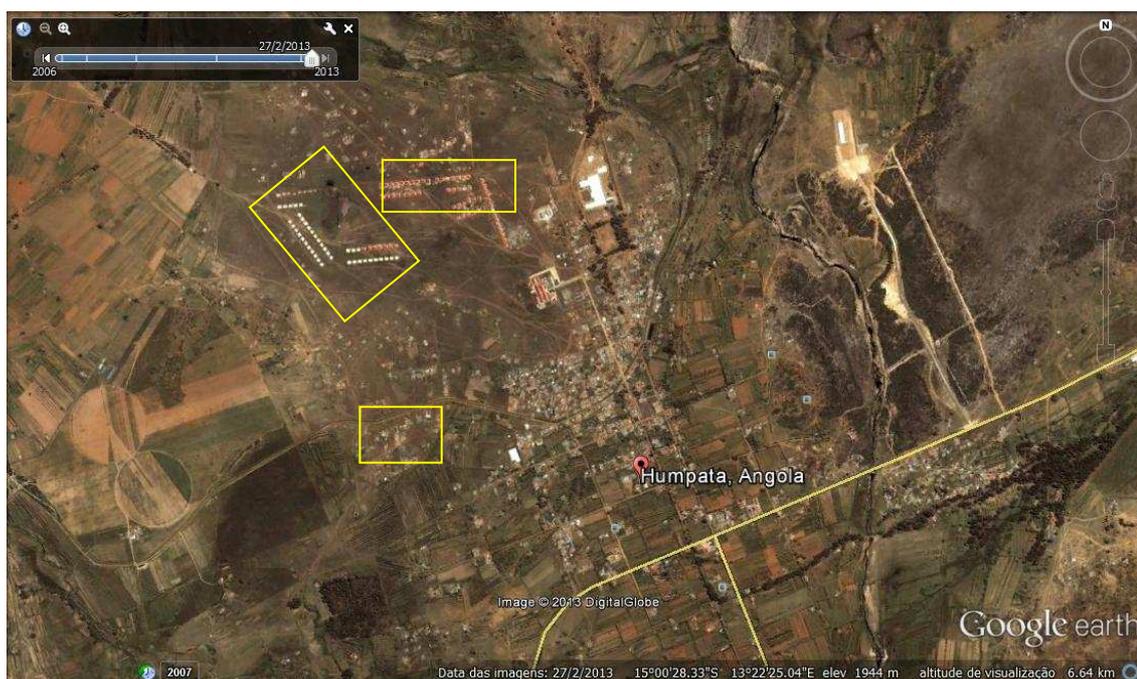
## 2.4. Uso e ocupação da superfície

Desde os tempos primordiais que a fixação das populações dependeu de alguns factores cruciais, um deles, talvez o mais importante, é a existência de água em determinado local, permitindo deste modo a prática de agricultura, pastoreio e satisfação de todas as necessidades básicas de qualquer comunidade.

Por este motivo devido a abundância de água disponível nesta região, verifica-se que a construção de edifícios está muito centralizada e que numa dinâmica de alteração e ocupação da superfície para zonas mais periféricas é muito lenta (tal como se pode verificar nas seguintes imagens):



**Figura 2.11: Fotografia aérea (in Google Earth S 15°00'46.64''S 13°22'34.65''E) expressando o uso e a ocupação do solo da sede da Humpata em 2010**



**Figura 2.12: Fotografia aérea (in Google Earth S 15°00'46.64''S 13°22'34.65''E) expressando o uso e a ocupação do solo da sede da Humpata em 2013**

O avanço da urbanização e devastação da vegetação poderá vir a influenciar significativamente a quantidade e qualidade da água infiltrada em adensamentos populacionais e zonas de intenso uso agropecuário. As construções e

pavimentações impedem a infiltração, causando efeitos catastróficos no aumento do escoamento superficial e redução na recarga da água subterrânea.

Tratando-se de uma zona pouco urbanizada, tem sido alvo de actividades de lazer (*picnics*, visitas individualizadas e acampamentos religiosos, entre outros), situação que cria vulnerabilidade nas águas, pois as águas subterrâneas embora mais bem protegidas são também passíveis de serem afectadas pela contaminação causada por actividades antrópicas, tal como se pode perceber, a área de estudo tem um solo que é afectado pelas condições ambientais e pelos contaminantes e poluentes, além de que elementos tóxicos podem ser acumulados nas zonas circundantes, podendo atingir o lençol freático.

A área em referência apresenta uma cobertura heterogênea, incluindo zonas residenciais, agricultadas e campos abandonados com cobertura vegetal de pequeno e médio porte.



**Figura 2.13: Aspectos e ocupação do solo na zona envolvente da área em estudo**

Ainda no que diz respeito à ocupação do solo, há se destacar a grande mancha de coberto florestal que influencia o clima, composto por espécies introduzidas como, por exemplo, a *Araucaria heterophylla* (pinheiro-de-Norfolk) e *Eucalyptus globulus* (Eucalipto).

Na área de estudo a actividade agrícola é, em grande parte, do tipo de subsistência e assume uma importância de grande destaque na maior parte da vila, excepto em algumas zonas em que é desenvolvida a agricultura industrial.



**Figura 2.14: Campo de laranjeiras da fábrica de sumos**

A actividade agrícola manifesta-se mais intensamente ao longo da faixa do rio ali existente (Tchipeio) com o caudal permanente, com a intenção de utilização dos solos das terras baixas, naturalmente drenadas e mais férteis. A pecuária, com maior incidência caprinos e bovinos, em regime extensivo, constitui um dos principais modos de vida da população activa.

No conjunto de actividades antrópicas na região envolvente da vila da Humpata, destacam-se:

- Actividades agrícolas, agropecuárias e florestais associadas a fazendas agrícolas.
- Actividades residenciais associadas a urbanizações de baixa densidade; ocorre a instalação rápida de novos focos urbanos, sem devidas especificações técnicas que se deveriam ter em conta;
- Actividades industriais, como por exemplo associadas a postos de abastecimento de combustível e matadouros;
- Pólos turísticos sem rede sanitária implantada que permita o seu devido tratamento e escoamento;
- Intensa actividade rodoviária.

## **Capítulo 3. Enquadramento geral dos furos estudados**

Neste capítulo pretende-se fazer um inventário hidrogeológico, onde serão identificados os furos, nascentes e cursos de água estudados, a nível de localização e caracterizados a e obtenção de informação de carácter hidrogeológico em cada um deles (perfil litológico ou situação geológica da captação, posição do nível piezométrico, características químicas da água extraída, caudais de exploração, posição geográfica de cada um dos pontos de água, uso da água estado de conservação das captações, etc.)

Os dados das captações utilizadas foram gentilmente fornecidos pela Empresa de sondagens e sistemas de água Selagrup, Lda. A sua utilização obteve o consentimento dos proprietários de cada captação.

### **3.1. Furos estudados: localização e critérios de selecção**

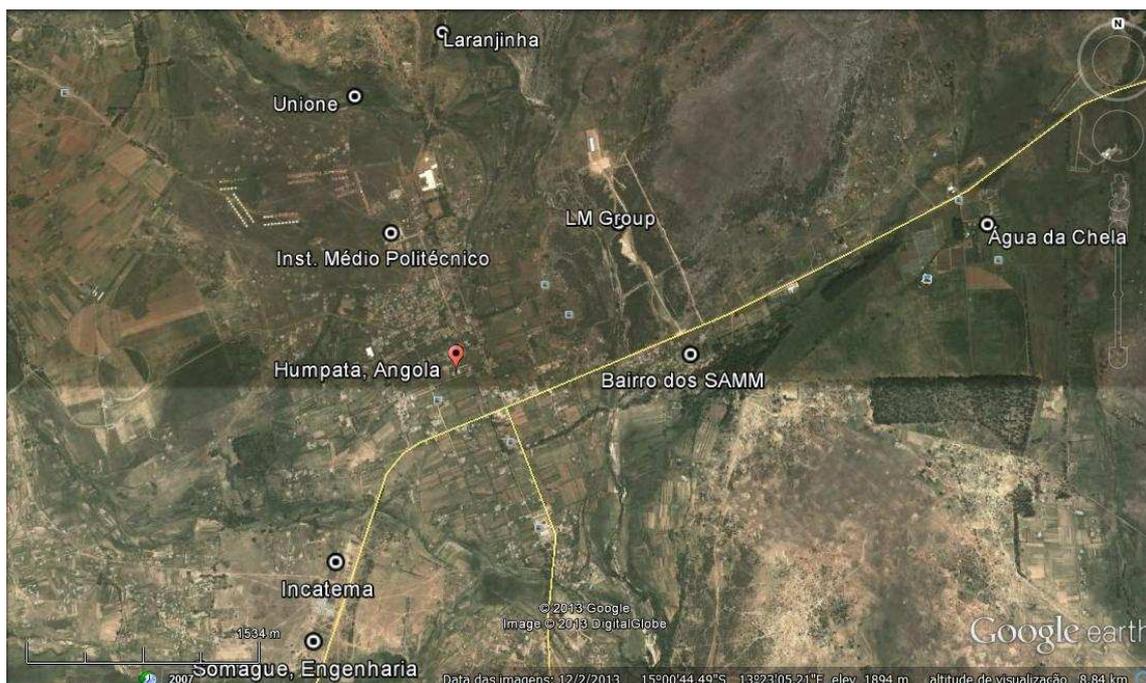
#### **3.1.1. Localização**

Os sete furos estudados, encontram-se todos localizados nos arredores da Vila da Humpata, sede do Município com o mesmo nome. Cinco furos localizam-se na margem esquerda do rio Tchipeio (segundo Carta Topográfica) e os outros dois na margem direita.

#### **3.1.2. Critérios de selecção**

Tal como já referido anteriormente, todos os furos utilizados para o estudo foram autorizados pelos proprietários dos mesmos, para além desta condicionante, foram utilizados outros critérios que serviram para a selecção das captações:

- Captação com informação suficiente para interpretação;
- Localização geográfica dos furos;
- Facilidade de acesso aos locais das captações;
- Captações construídas recentemente e em bom estado de conservação;
- Captações com produtividade aceitável.



**Figura 3.1 – Fotografia aérea (in Google Earth) expressando o enquadramento geral dos locais selecionados e o uso e a ocupação do solo nos domínios envolventes.**

## 3.2. Enquadramento físico dos furos

Relativamente aos pontos de água seleccionados efectuou-se a caracterização do enquadramento físico dos domínios envolventes.

### 3.2.1. Enquadramento geral

De acordo com o referido no Capítulo anterior, a geologia nos domínios envolventes dos furos em estudo é composta fundamentalmente por formações quartzosas com maior ou menor grau de metamorfismo: quartzitos e grés quartzíticos (Fig. 2.2). As bancadas quartzíticas apresentam intercalações xistentas e de metavulcanitos. Por vezes ocorrem soleiras e diques de natureza básica - doleritos.

Esta sequência litológica está frequentemente coberta por depósitos de areias claras e, em muitos locais apresenta carapaças lateríticas (Fig. 2.4).



**Figura 3.2 - Aspectos gerais da geologia enquadrante dos furos estudados: A e B - Afloramento de quartzitos; C e D- fracturação e lateritização dos quartzitos; E- Cobertura de areias claras; F- Soleiras e diques doleríticos.**

Os locais de implantação dos furos estudados, assim como toda a região do Planalto da Humpata, apresentam uma importante rede de fracturação (Fig. 2.5).

Mpengo (2010) definiu os seguintes sistemas de fracturas:

- Sistema NW-SE (N45°W-N60°W) – composto por lineamentos mais penetrativos e predominantes; recortam o bordo do Planalto originando canhões e fendas de grande dimensão, de que se destaca a Fenda da Tundavala.
- Sistema NE-SW a ENE-WSW – é o segundo sistema mais predominante deste sector; identifica-se, sobretudo, nas regiões centro e nordeste do bordo.
- Sistema N-S a NNW-SSE – identifica-se, sobretudo, no planalto da Humpata e na extremidade nordeste deste sector; parece favorecer a implantação de filões doleríticos.

Castro (2012) identificou nos domínios situados nas envolventes da Nascente-Captação de N<sup>a</sup> Sr<sup>a</sup> do Monte uma rede densa de fracturação, onde a maioria das fracturas é de reduzida dimensão e do tipo diaclase; contudo, devido à sua extensão, destacou duas famílias: N30°-40°E; 80°N e N20°-30°W; vertical.

Baptista (2010) e Azevedo *et al* (2011) também constataram a intensa fracturação das bancadas de quartzito; segundo aqueles autores as fracturas principais apresentam orientação aproximadamente NE-SW e SE-NW.

### **3.2.2. Enquadramento local**

Para o enquadramento de cada furo estudado procedeu-se ao preenchimento de uma ficha unitária. Seguidamente apresentam-se os resultados obtidos.

**Quadro 1: Características gerais do furo nº1**

Referência/Designação	136_SGS_08 – Instituto Médio Politécnico da Humpata	
Propriedade	Público	
	Privado      x	
Acessibilidade	Boa - estrada asfaltada	
Localização	Latitude: 15°0'17.52"S	
	Longitude: 13°22'19.09"E	
	Altitude (cota): 1946m	
Enquadramento topográfico	Domínio aplanado	
Enquadramento hidrográfico e outros pontos de água	Proximidade à linha de água, margem, poços, nascentes, valas	
Enquadramento geológico	Quartzitos esbranquiçados e doleritos	
Ocupação do solo nas envolventes	Floresta	
	Agrícola	
	Infraestruturado - urbano                      x - industrial - outro	Complexo estudantil, próximo de centro de saúde, algumas habitações de construção definitiva e de adobe
	Misto	
	Abandonado	
	Uso	Consumo humano      x
Consumo industrial		
Irrigação		
Outro		

Caracterização estrutural	Material de construção: PVC Diâmetro (mm): 160 Profundidade total (m): 165 Grau de conservação (m): Bom Bomba (submersível, externa) Protecção/cobertura/outro
---------------------------	---

**Quadro 2: Características gerais do furo nº 2**

Referência/Designação	148_SGS_08 – Água da Chela	
Propriedade	Público	
	Privado      x	
Acessibilidade	Boa à 280 metros da EN180	
Localização	Latitude: 15°0'15.37"S	
	Longitude: 13°24'41.81"E	

	Altitude (cota): 1946m		
Enquadramento topográfico	Terreno aplanado		
Enquadramento hidrográfico e outros pontos de água	Próximo a pequeno curso de água e 1 vala		
Enquadramento geológico	Quartzitos brancos fracturados		
Ocupação do solo nas envolventes	Floresta		
	Agrícola		
	Infraestruturado - urbano x - industrial - outro		Terreno sem qualquer ocupação antrópica, apenas verifica-se a presença de flora característica da região (árvores rasteiras e gramíneas)
	Misto		
	Abandonado		
Uso	Consumo humano x		
	Consumo industrial x		
	Irrigação		
	Outro		
Caracterização estrutural	Material de construção: PVC Diâmetro (mm): 200 Profundidade total (m): 253 Grau de conservação (m): Bom Bomba: Submersível Protecção/cobertura/outro		

Quadro 3: Características gerais do furo nº 3

Referência/Designação	194_SGS_09 – Somague – Bombas de Combustível Sonango	
Propriedade	Público	
	Privado x	
Acessibilidade	Boa próximo de estrada asfaltada	
Localização	Latitude: 15° 1' 49.23" S	
	Longitude: 13° 22' 4.79" E	
	Altitude (cota): 1897m	
Enquadramento topográfico	Domínios aplanados com declive muito suave para W	
Enquadramento hidrográfico e outros pontos de água	Proximidade à poços para uso público com bombas manuais	
Enquadramento geológico	Quartzitos fracturados rosados; ocorrência de afloramentos	
Ocupação do solo nas envolventes	Floresta	
	Agrícola	
	Infraestruturado - urbano x - industrial	

	- outro	
	Misto	
	Abandonado	
Uso	Consumo humano	x
	Consumo industrial	x
	Irrigação	
	Outro	

Caracterização estrutural	Material de construção: PVC Diâmetro (mm): 160 Profundidade total (m): 85 Grau de conservação (m): Bom Bomba: Submersível Eléctrica Protecção: Com maciço de protecção
---------------------------	---

Quadro 4: Características gerais do furo nº 4

Referência/Designação	288_SGS_10 – Incatema	
Propriedade	Público	
	Privado	x
Acessibilidade	Boa à 120 m da EN180	
Localização	Latitude: 15° 1'32.35"S	
	Longitude: 13°22'9.03"E	
	Altitude (cota): 1907m	
Enquadramento topográfico	Domínio aplanado	
Enquadramento hidrográfico e outros pontos de água	Proximidade à outros furos de captação	
Enquadramento geológico	Quartzito muito fracturado	
Ocupação do solo nas envolventes	Floresta	
	Agrícola	
	Infraestruturado	
	- urbano	x
	- industrial	
	- outro	
Misto		
Abandonado		
Uso	Consumo humano	x
	Consumo industrial	
	Irrigação	
	Outro	

Caracterização estrutural	Material de construção: PVC Diâmetro (mm): 200 Profundidade total (m): 90
---------------------------	---

	Grau de conservação (m): Bom Bomba: Submersível Protecção/cobertura/outro
--	---

**Quadro 5: Características gerais do furo nº 5**

Referência/Designação	308_SGS_10 – Escola do SAMM	
Propriedade	Público      x	
	Privado	
Acessibilidade	Boa (Terra batida)	
Localização	Latitude: 15°0'45.91"S	
	Longitude: 13°23'30.26"E	
	Altitude (cota): 1900m	
Enquadramento topográfico	Terreno inclinado para SE	
Enquadramento hidrográfico e outros pontos de água	Próximo ao rio à cerca de 500m do rio Tchipeio em linha recta	
Enquadramento geológico	Quartzitos e esbranquiçados e doleritos, ocorrência de afloramentos	
Ocupação do solo nas envolventes	Floresta	
	Agrícola	
	Infraestruturado - urbano                      x - industrial - outro	Espaço dominado por casas de adobe, hortas e gado
	Misto	Práticas agrícolas rudimentares
	Abandonado	
Uso	Consumo humano      x	
	Consumo industrial	
	Irrigação	
	Outro	

Caracterização estrutural	Material de construção: PVC Diâmetro (mm): 200 Profundidade total (m): 30 Grau de conservação (m): Bom Bomba: Submersível Solar Protecção/cobertura/outro
---------------------------	--

**Quadro 6: Características gerais do furo nº 6**

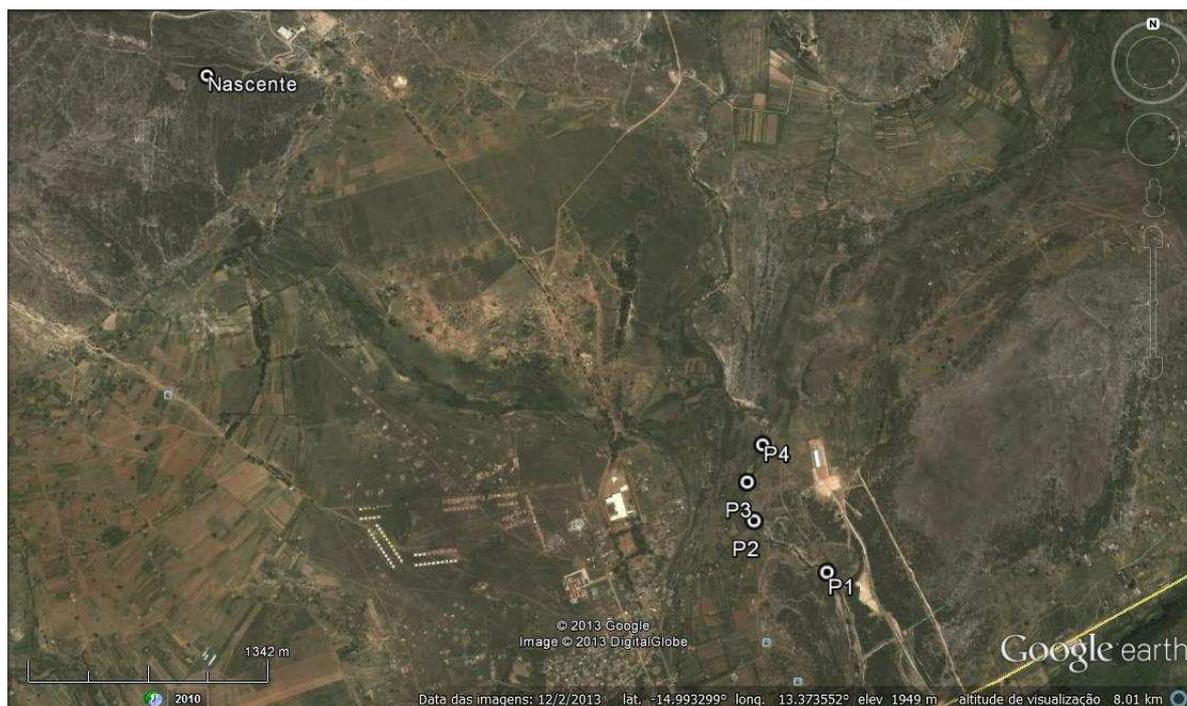
Referência/Designação	588_SGS_12 – LM Group	
Propriedade	Público	
	Privado x	
Acessibilidade	Boa (Terra batida)	
Localização	Latitude: 15°0'14.82"S	
	Longitude: 13°23'13.58"E	
	Altitude (cota): 1916m	
Enquadramento topográfico	Inclinação para SE	
Enquadramento hidrográfico e outros pontos de água	Próximo ao rio à cerca de 160m do rio Tchipeio em linha recta	
Enquadramento geológico	Quartzitos avermelhados e grés esverdeado, ocorrência de afloramentos	
Ocupação do solo nas envolventes	Floresta	
	Agrícola	
	Infraestruturado - urbano x - industrial - outro	Área desmatada para posterior utilização industrial
	Misto	
	Abandonado	
Uso	Consumo humano	
	Consumo industrial x	
	Irrigação	
	Outro	

Caracterização estrutural	Material de construção: PVC Diâmetro (mm): 250 Profundidade total (m): 150 Grau de conservação (m): Bom Bomba: Não Protecção/cobertura/outro
---------------------------	---

**Quadro 7: Características gerais do furo nº 7**

Referência/Designação	656_SGS_13 – Unione Humpata	
Propriedade	Público	
	Privado x	
Acessibilidade	Razoável com algumas pedras e tocos	
Localização	Latitude: 14°59'43.79"S	
	Longitude: 13°22'9.07"E	





**Fig. 3.3 – Fotografia aérea (in Google Earth) expressando o enquadramento geral dos locais selecionados e o uso e a ocupação do solo nos domínios envolventes.**

## Nascente da Humpata

**Quadro 8: Características gerais da nascente da Humpata**

Caracterização estrutural	Exsurgência difusa por artesianismo
	Com estrutura de captação: Sim
	Protecção: Vedação da zona de emergência com rede
Caracterização da água	Caudal não determinado
	Temperatura (°C): 20,3
	Condutividade eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ): 7,45
	pH: 5,2
	Oxigénio dissolvido: 9,4
Presença de organismos aquáticos: Negativo	



Fig. 3.4 - Aspecto geral da nascente da Humpata

### Linha de água - Rio Ponto 1

Quadro 9: Características gerais do Ponto nº 1 do rio

<b>Caracterização da água</b>	Profundidade a partir da superfície-margem (m)
	Temperatura °C: 21,6
	Condutividade eléctrica (µS/cm): 18,1
	pH: 6,4
	Oxigénio dissolvido: 5,0
	Presença de organismos aquáticos: Negativo

**Linha de água - Rio Ponto 2****Quadro 10: Características gerais do Ponto nº 2 do rio**

<b>Caracterização da água</b>	Profundidade a partir da superfície-margem (m)
	Temperatura °C: 21,7
	Condutividade eléctrica (µS/cm): 17,2
	pH: 6,1
	Oxigénio dissolvido: 9,2
	Presença de organismos aquáticos: Negativo

**Linha de água - Rio Ponto 3****Quadro 11: Características gerais do Ponto nº3 do rio**

<b>Caracterização da água</b>	Profundidade a partir da superfície-margem (m)
	Temperatura °C: 21,0
	Condutividade eléctrica (µS/cm): 19,4
	pH: 5,1
	Oxigénio dissolvido: 6,3
	Presença de organismos aquáticos: Negativo

**Linha de água - Rio Ponto 4****Quadro 12: Características gerais do Ponto nº4 do rio**

<b>Caracterização da água</b>	Profundidade a partir da superfície-margem (m)
	Temperatura °C: 21,4
	Condutividade eléctrica (µS/cm): 16,5
	pH: 5,2
	Oxigénio dissolvido: 6,0
	Presença de organismos aquáticos: Negativo

## **Capítulo 4. Hidrogeologia do Sistema aquífero da Chela no sector da Humpata**

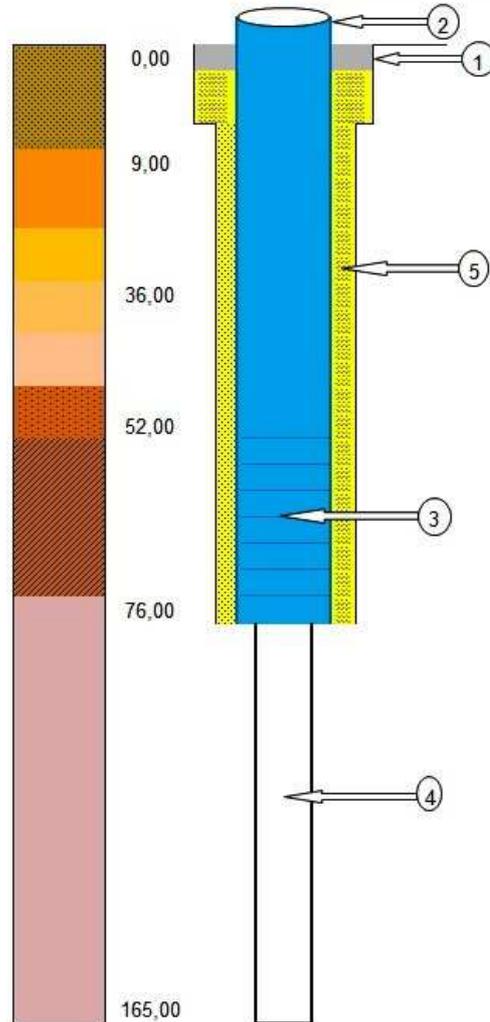
Neste capítulo pretende-se fazer uma caracterização a nível hidrogeológico da área em estudo, a partir da interpretação dos dados resultantes da implantação dos furos e pontos de água seleccionados. Efectua-se ainda uma análise físico-química sintética da água captada tendo por base medições realizadas *in situ*.

### **4.1. Caracterização dos furos**

A descrição dos furos seleccionados para este estudo baseia-se fundamentalmente nos relatórios hidrogeológicos gentilmente fornecidos pela Empresa SELA-Grup.

**Furo nº1 (Instituto Médio Politécnico - Humpata)**

Coluna litológica e Estrutura geral do furo

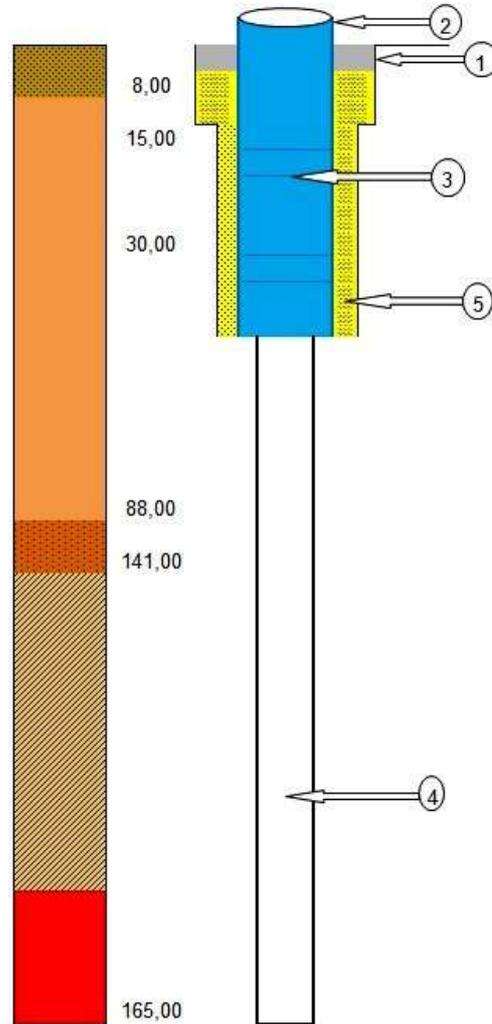


CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS			
Profundidade do furo	165	mts	
Profundidade da captação	165	mts	
Ocorrência da água:			
Dos	51	Aos	55 mts
Dos	116	Aos	120 mts
Nível estático			6,00 mts
Caudal			4.600 litros/hora
Nível dinâmico			mts
LEGENDAS			
1-DIÂMETRO DO FURO			
Dos	0	Aos	10,00 12"
Dos	10,00	Aos	76,00 8"
Dos	76,00	Aos	165,00 6"
2-REVESTIMENTO			
Tubos de PVC de 160 mm dos 00		aos	76 mts
mais 0,70m fora do terreno			
3-DRENOS			
Dos	52,56	Aos	70 mts
4-FURO NÃO REVESTIDO			
Dos	76	Aos	165 mts
5-ENCHIMENTO ANELAR			
Areão calibrado de 3x6mm dos 0,00 aos 76,00m			

LITOLOGIA	
Solo Vegetal e Laterites	
Xistos Com Várias Cores	
Quartzitos	
Dolerito	
Grés Com várias Cores	

**Furo nº2 (Fábrica de Engarramento de Água da Chela)**

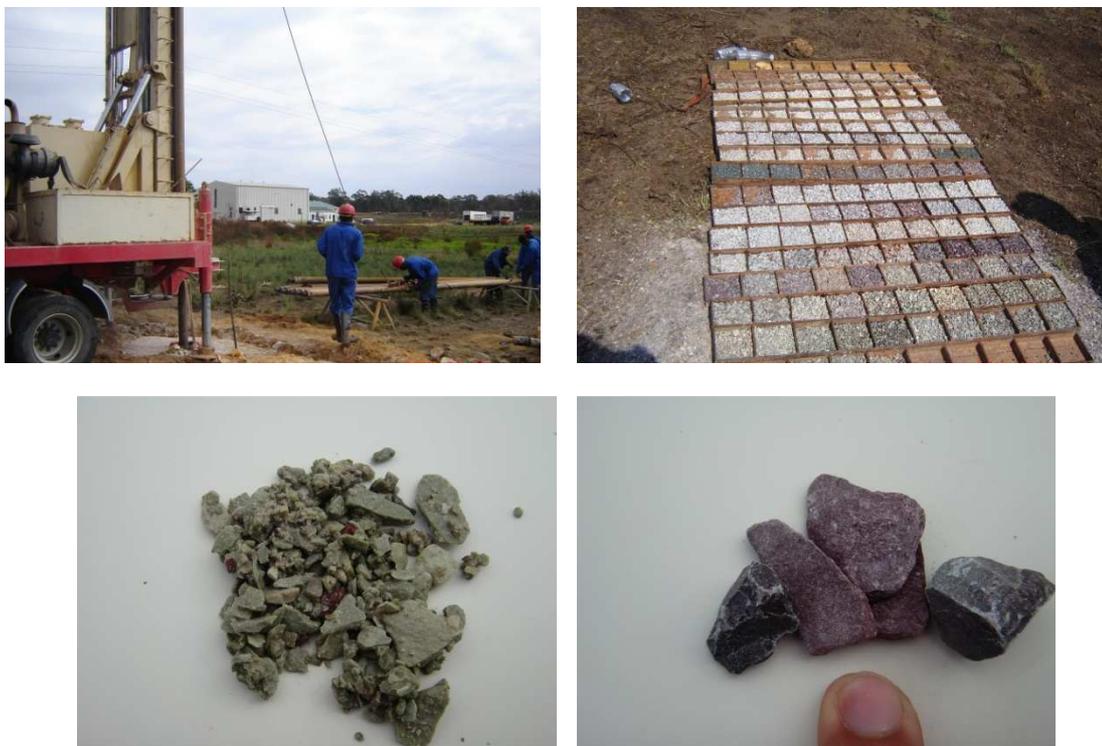
Coluna litológica e Estrutura geral do furo



CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS			
Profundidade do furo	253	mts	
Profundidade da captação	253	mts	
Ocorrência da água:			
Dos	15	Aos	19 mts
Dos	57	Aos	62 mts
Dos	128	Aos	136 mts
Nível estático	0,00	mts	
Caudal	10.000	litros/hora	
Nível dinâmico		mts	
LEGENDAS			
1-DIÂMETRO DO FURO			
Dos	0	Aos	12,00 12"
Dos	12,00	Aos	40,00 10"
Dos	40,00	Aos	253,00 6"
2-REVESTIMENTO			
Tubos de PVC de 200 mm dos 00	aos 40 mts		
mais 0,70m fora do terreno			
3-DRENOS			
Dos	15	Aos	20 mts
Dos	30	Aos	35 mts
4-FURO NÃO REVESTIDO			
Dos	40	Aos	253 mts
5-ENCHIMENTO ANELAR			
Areão calibrado de 3x6mm dos 0,00 aos 40,00m			

Solo Vegetal, Grés e Argila	
Grés esbranquiçado e Castanho	
Doleritos	
Grés branco, castanho e esverdeado	
Xistos argilosos de várias cores	

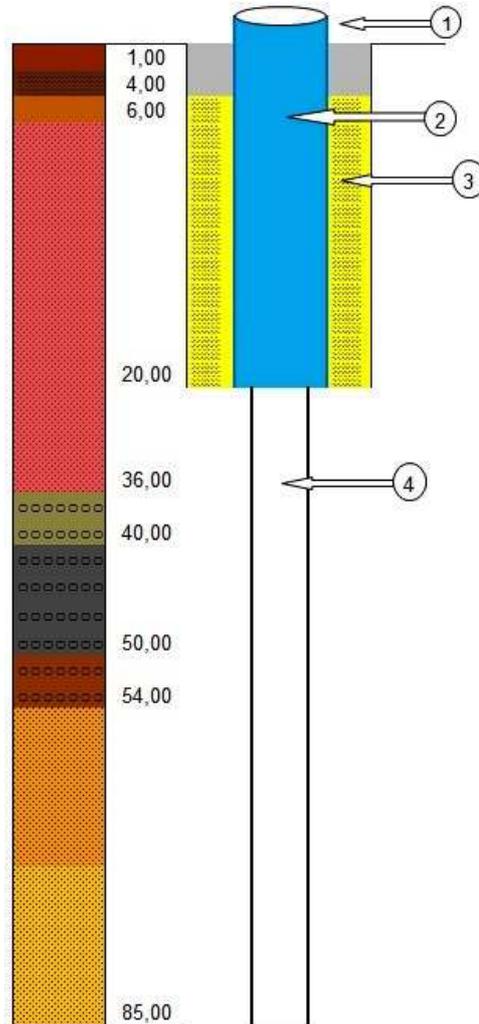
Na figura seguinte (Fig. 4.1) apresentam-se fotografias da construção da captação e dos fragmentos de perfuração (*cuttings*) até aos 115m do Furo 2.



**Figura 4.1: Construção de captação e fragmentos da captação, realçando os doleritos**

**Furo nº 3 (Somague - Humpata)**

Coluna litológica e Estrutura geral do furo

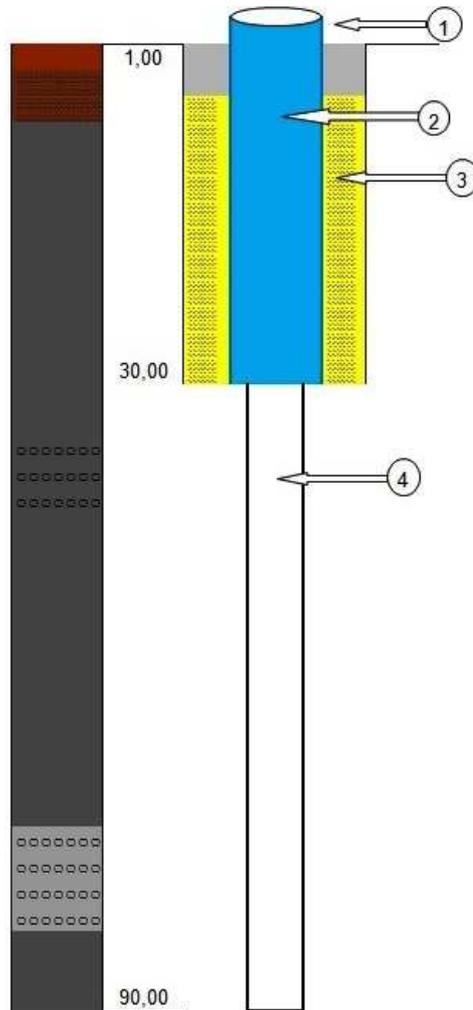


CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS			
Profundidade do furo	85	mts	
Profundidade da captação	85	mts	
Ocorrência da água:			
Dos	37	Aos	40 mts
Dos	68	Aos	73 mts
Dos		Aos	
Nível estático	19	mts	
Caudal	3.000	litros/hora	
Nível dinâmico	50	mts	
LEGENDAS			
<b>1-DIÂMETRO DO FURO</b>			
Dos	0	Aos	20 10"
Dos	20	Aos	85 6"
<b>2-REVESTIMENTO</b>			
Tubos de PVC de 160 mm mais 0,70m fora do terreno	20	mts	
<b>3-ENCHIMENTO ANELAR</b>			
Areão calibrado de 3x6mm dos 0,00 aos 20,00			
<b>4-FURO NÃO REVESTIDO</b>			
Dos 20,00 aos 85,00 mts a 6"			

LITOLOGIA	
Terra vegetal e laterites	
Areia de grão fino consolidado	
Areia argilosa	
Xistos de várias cores	
Grés quartzíticos fracturado	
Grés feldspáticos	
Quartzito acastanhado	
Grés quartzítico castanho claro	
Grés esbranquiçado	

**Furo nº 4 – (Incatema- Humpata)**

Coluna litológica e Estrutura geral do furo

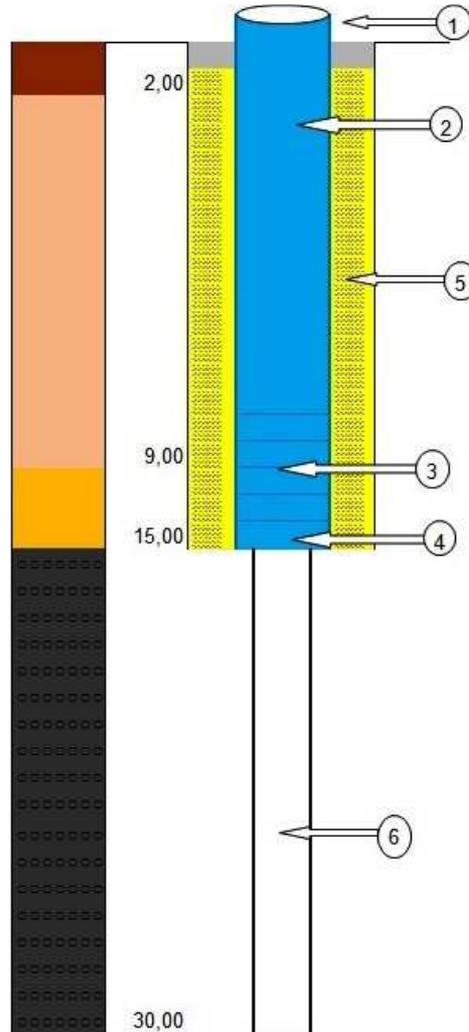


CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS			
Profundidade do furo	90	mts	
Profundidade da captação	90	mts	
Ocorrência da água:			
Dos	38	Aos	42 mts
Dos	76	Aos	85 mts
Dos		Aos	
Nível estático		6	mts
Caudal		8.000	litros/hora
Nível dinâmico		50	mts
LEGENDAS			
<b>1-DIÂMETRO DO FURO</b>			
Dos	0	Aos	29 12"
Dos		Aos	10"
Dos	29	Aos	90 6"
<b>2-REVESTIMENTO</b>			
Tubos de PVC de 200 mm	29	mts	
mais 0,70m fora do terreno			
<b>3-ENCHIMENTO ANELAR</b>			
Areão calibrado de 3x6mm dos 0,00 aos 29,00			
<b>4-FURO NÃO REVESTIDO</b>			
Dos 29,00 aos 90,00 mts a 6"			

LITOLOGIA	
Argila com solo vegetal	
Laterite	
Grés e quartzito da Chela	
Grés fracturado	
Quartzito fracturado	

**Furo nº 5 – Bairro dos SAMM**

Coluna litológica e Estrutura geral do furo

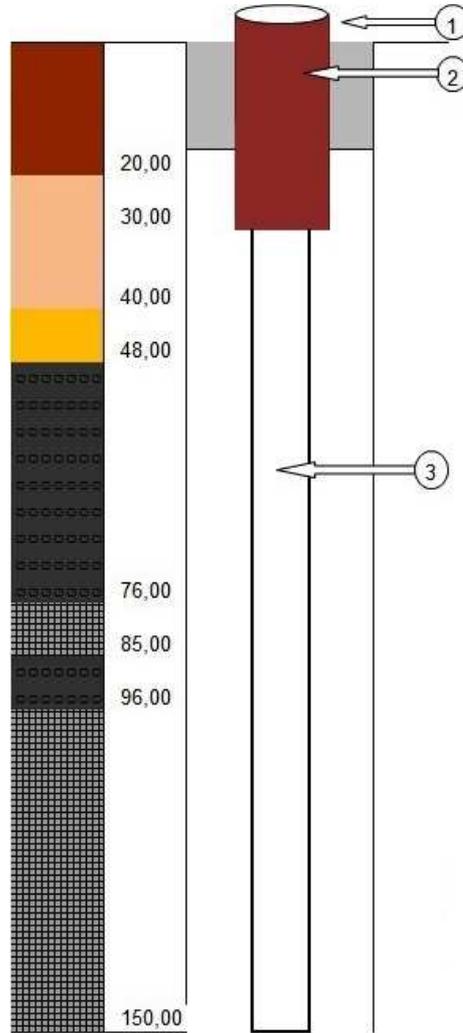


CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS			
Profundidade do furo	30	mts	
Profundidade da captação	30	mts	
Ocorrência da água:			
Dos	19	Aos	22 mts
Dos		Aos	mts
Dos		Aos	
Nível estático		2	mts
Caudal		8.000	litros/hora
Nível dinâmico		20	mts
LEGENDAS			
1-DIÂMETRO DO FURO			
Dos	0	Aos	13 12"
Dos		Aos	10"
Dos	13	Aos	30 6"
2-REVESTIMENTO			
Tubos de PVC de 200 mm mais 0,70m fora do terreno	15	mts	
3- DRENOS			
Tubos de PVC de 200 mm com slot mecânico de 1 mm			
Dos	8,7	Aos	11,5 mts
4-CÂMARA DE DECANTAÇÃO			
Tubos de PVC de 160 mm			
Dos	11,5	Aos	13,0 mts
5-ENCHIMENTO ANELAR			
Areão calibrado de 3x6mm dos 0,00 aos 13,00			
6-FURO NÃO REVESTIDO			
Dos 15,00 aos 30 metros			

LITOLOGIA	
Solo vegetal e areia consolidada	
Argila esbranquiçada	
Areia de grão médio	
Grés	

**Furo nº 6 – LM Group**

Coluna litológica e Estrutura geral do furo



<b>CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS</b>			
Profundidade do furo	150	mts	
Ocorrência da água:			
Dos 56	Aos 58	mts	
Dos 86	Aos 90	mts	
Dos 110	Aos 118	mts	
Nível estático	0	mts	
Caudal	37.000	litros/hora	
Nível dinâmico		mts	
<b>LEGENDAS</b>			
<b>1-DIÂMETRO DO FURO</b>			
Dos 0	Aos 150	12"	
<b>2-REVESTIMENTO</b>			
Tubos de PVC de 300 mm mais 0,70m fora do terreno	30	mts	
<b>3-FURO NÃO REVESTIDO</b>			
Dos 30,00 aos 150 metros			

Solo vegetal e argila	
Calcários	
Grés alterado de várias cores	
Quartzitos	
Doleritos	

Nota: Na presente data, esta perfuração ainda não foi transformada em captação definitiva.

Na figura seguinte (Fig. 4.2) apresentam-se fotografias dos fragmentos de perfuração (*cuttings*) do Furo 6.



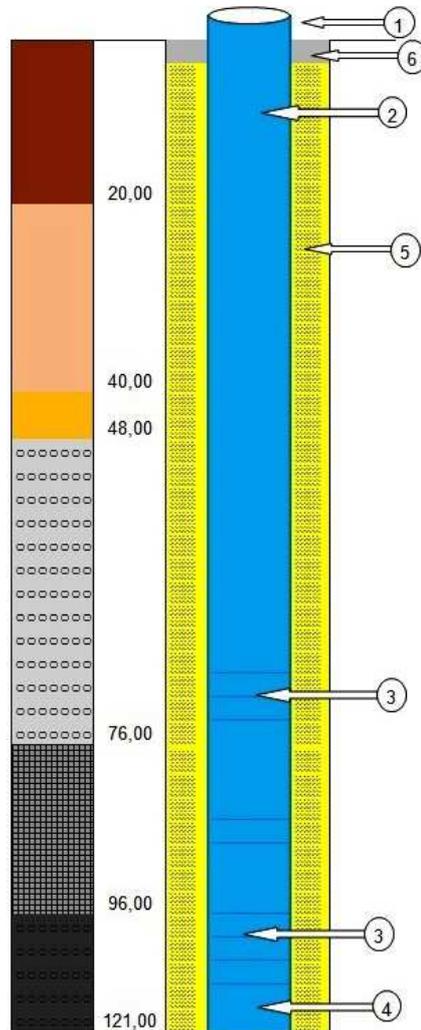
Figura 4.2: Fragmentos de perfuração (*cuttings*) do Furo 6.



Figura 4.2: (continuação) Fragmentos de perfuração (*cuttings*) do Furo 6.

**Furo nº 7 (Unione - Humpata)**

Coluna litológica e Estrutura geral do furo



<b>CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS</b>			
Profundidade do furo	121	mts	
Profundidade da captação	121	mts	
Ocorrência da água:			
Dos	49	Aos	70 mts
Dos	76	Aos	85 mts
Dos	90	Aos	110 mts
Nível estático			9 mts
Caudal	14.000	litros/hora	
Nível dinâmico			mts
<b>LEGENDAS</b>			
<b>1-DIÂMETRO DO FURO</b>			
Dos	0	Aos	4 12"
Dos	4	Aos	121 8"
<b>2-REVESTIMENTO</b>			
Tubos de PVC de 160 mm mais 0,70m fora do terreno	121	mts	
<b>3- DRENOS</b>			
Tubos de PVC de 200 mm com slot mecânico de 1 mm			
Dos	68,8	Aos	74,6 mts
Dos	86,2	Aos	92 mts
Dos	97,8	Aos	115,2 mts
<b>4-CÂMARA DE DECANTAÇÃO</b>			
Tubos de PVC de 160 mm			
Dos	115,2	Aos	121,0 mts
<b>5-ENCHIMENTO ANELAR</b>			
Areão calibrado de 3x6mm dos 2,00 aos 121,00			
<b>6-CIMENTAÇÃO</b>			
Maçico de impermeabilização Dos 0,00 aos 2 metros			

**LITOLOGIA**

Solo vegetal e Calcários Dolomitos	
Xistos argilosos de várias cores	
Grés branco feldspático	
Quartzitos Brancos	
Doleritos	
Quartzitos	

Na figura seguinte (Fig. 4.3) apresentam-se fotografias da construção da captação e dos fragmentos de perfuração (*cuttings*) até aos 51m do Furo 7.



**Figura 4.3: Construção da captação e fragmentos de perfuração (*cuttings*) do Furo 7.**

## 4.2. Interpretação hidrogeológica

Até à presente data, o real potencial hídrico subterrâneo do Sistema aquífero da Chela, em geral, e do sector da Humpata, em particular, está longe de ser bem conhecido. Contudo, sabe-se que este potencial é elevado e que as captações (furos) implantadas nesta regiões são mais produtivas comparativamente as captações efectuadas na região baixa da cidade do Lubango, nomeadamente as captações localizadas em formações graníticas.

Seguidamente apresentam-se algumas conclusões sobre a hidrogeológica do sistema aquífero quartzítico na região da Humpata, tendo por base os elementos geológicos e hidrogeológicos fornecidos pelos furos descritos no acima e no Capítulo anterior.

A análise dos logs litológicos dos sete furos descritos permite afirmar que a geologia local é claramente dominada pelas formações quartzosas, nomeadamente por quartzitos (rocha com metamorfismo médio a alto) e por grés quartzosos com menor grau de metamorfismo. Ocorrem ainda, embora com menor frequência e em níveis estratigráficos menos regulares, outras formações pertencentes à sequência metamórfico-sedimentar local (designada em Pereira et al 2011) por Formação da Humpata e pertencente ao Grupo da Chela), nomeadamente xistos e metavulcanitos (os metavulcanitos estão incluídos nos níveis designados nos logs litológicos por

"doleritos"). No topo da sequência ocorrem formações carbonatas e estão localmente cortadas por corpos magmáticos intrusivos (pequenos batólitos e soleiras) de natureza básica (incluídos nos níveis designados nos logs litológicos por "doleritos").

A correlação litoestratigráfica entre os sucessivos logs litológicos (Fig. 4.4, 4.5 e 4.6) expressa:

- uma grande variação espacial nas sequências litológicas; contudo, ocorre uma considerável continuação lateral nas bancadas de natureza quartzítica.

- contrariamente, os níveis xistentos e de metavulcanitos (referidos nos logs por "doleritos") apresentam uma distribuição, quer vertical, quer lateralmente, com grande irregularidade.

- de acordo com os elementos do furo F2, verificar-se-á um incremento das formações xistentas com a profundidade.

- as carapaças lateríticas ocorrem, como esperado, nos níveis próximos da superfície.

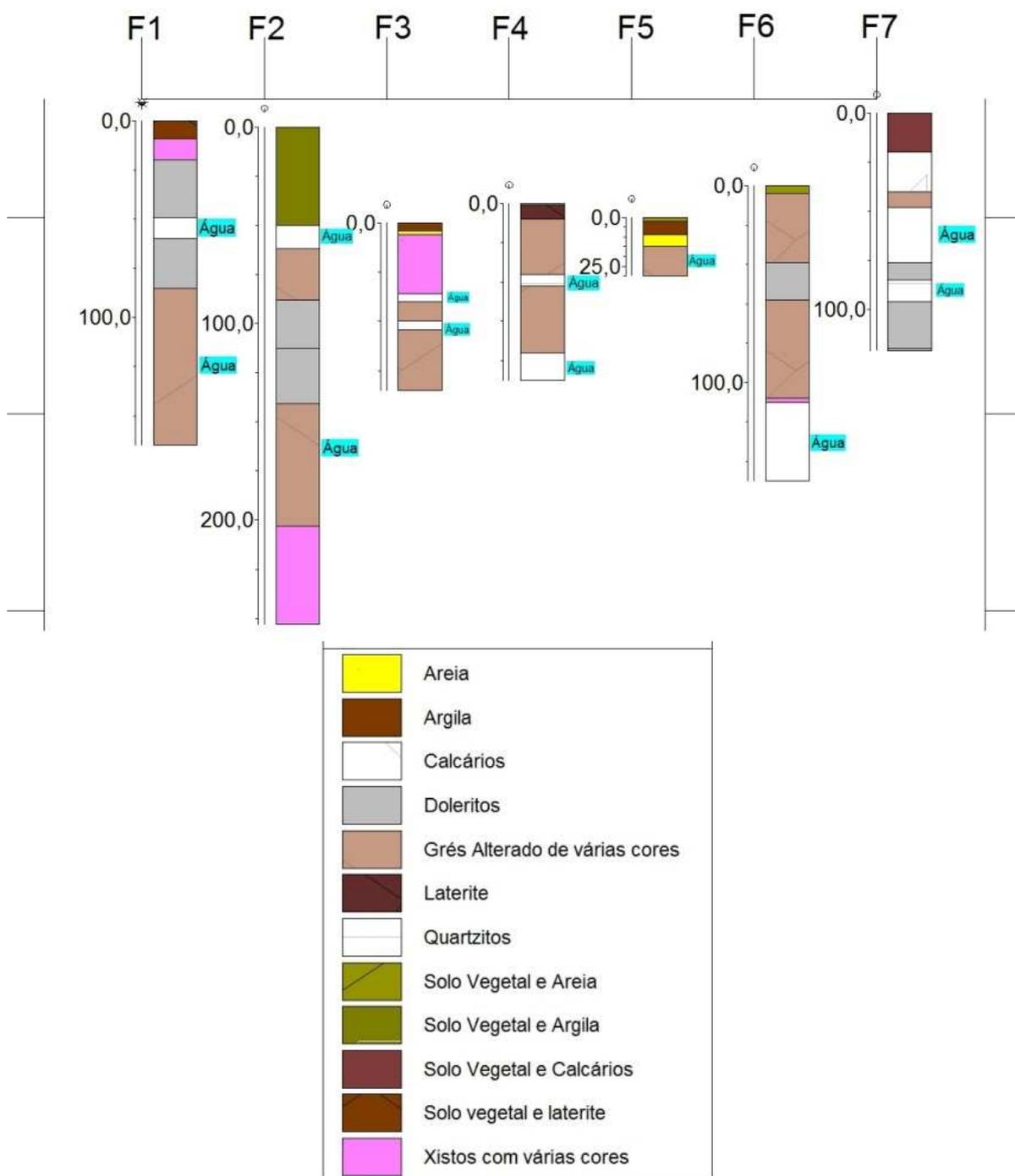
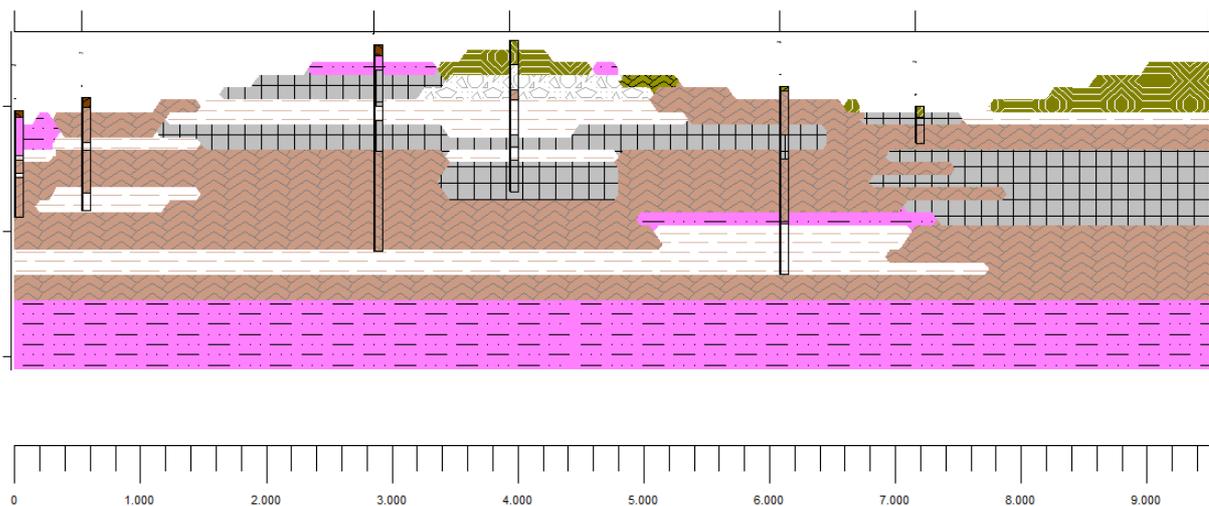
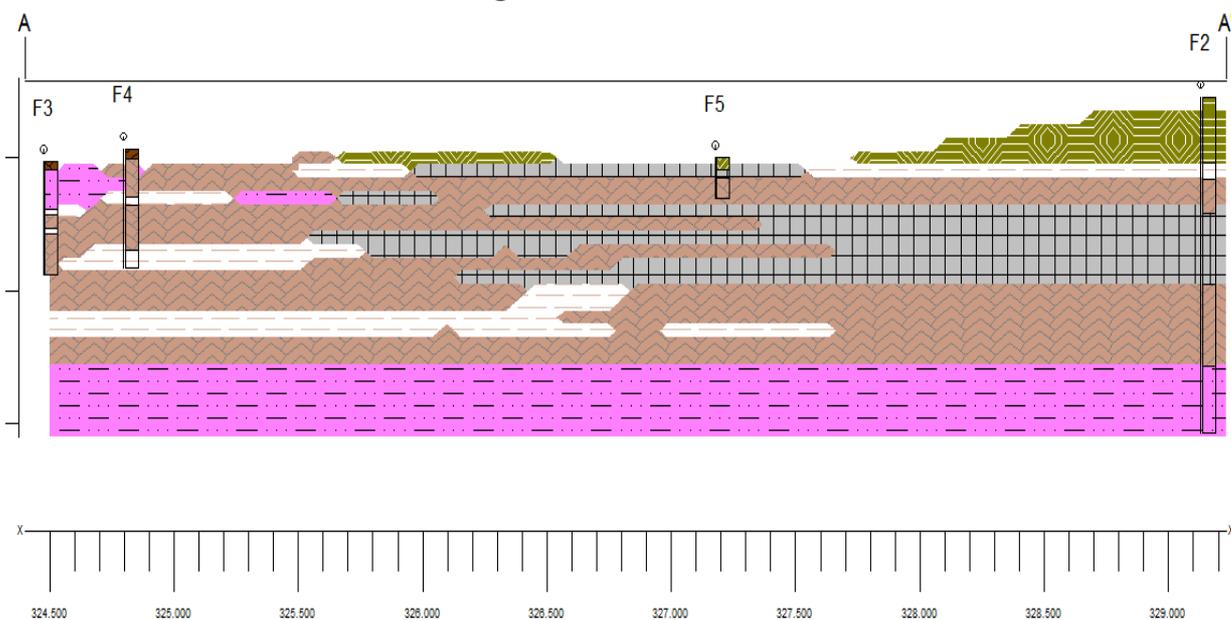


Figura 4.4: Tentativa de correlação litológica e hidrostratigráfica entre os furos seleccionados.

**Perfil geral segundo a direcção SW-NE**



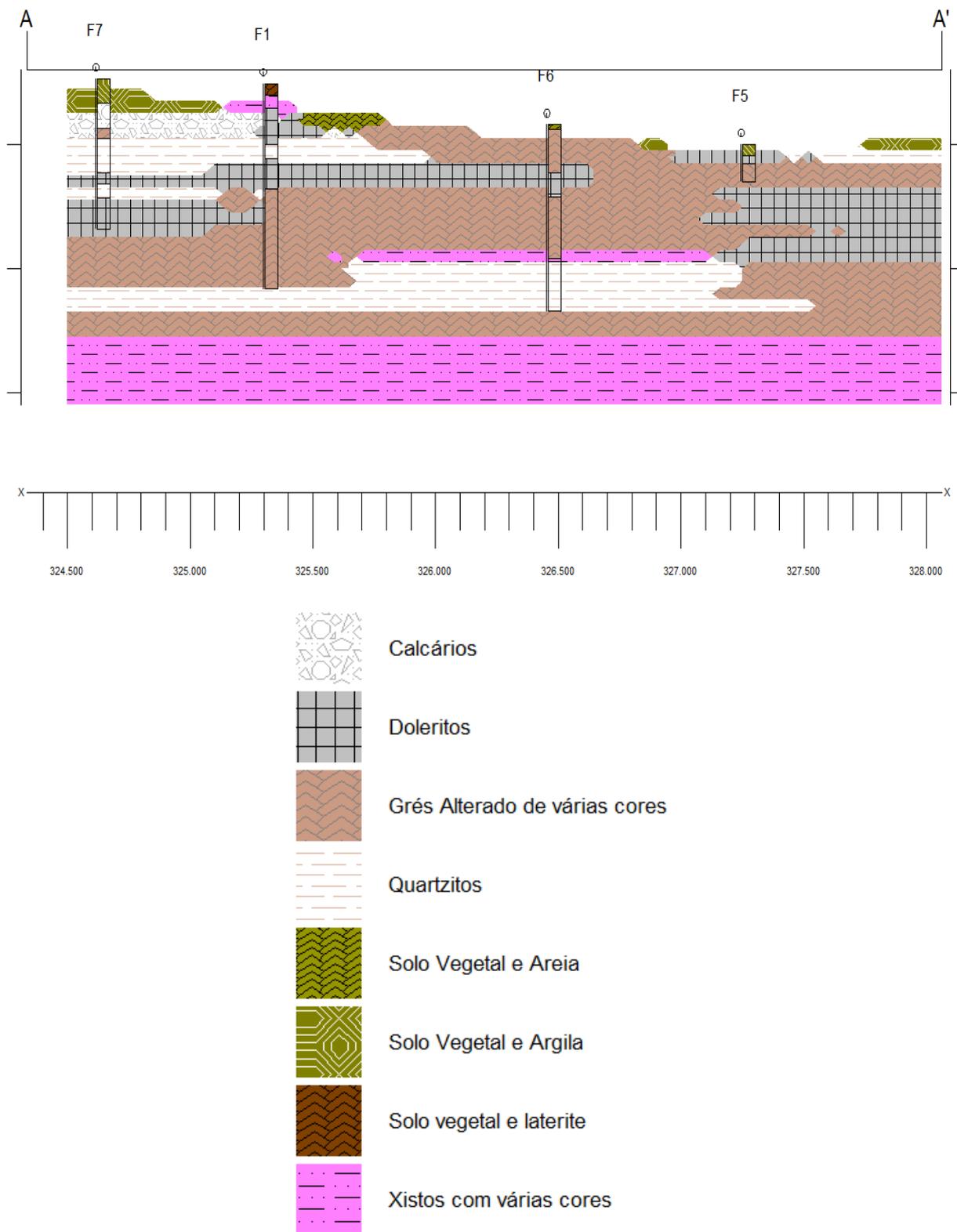
**Perfil segundo os furos F3→F2**



(ver Legenda na página seguinte)

**Figura 4.5: - Perfis hidrogeológicos interpretativos com base nos elementos fornecidos pelos furos seleccionados.**

**Perfil segundo os furos F7→F5**



**Figura 4.6 - (continuação) Perfis hidrogeológicos interpretativos com base nos elementos fornecidos pelos furos seleccionados.**

A variação espacial (vertical e lateral) inferida das tentativas de correlação entre os diversos logs litológicos em conjugação com os elementos de natureza hidrogeológica e hidráulica fornecidos por cada perfuração, permitem apontar as seguintes características da hidrogeologia local:

- os níveis aquíferos (produtivos) estão claramente associados às bancadas de quartzito e, por vezes às de grés quartzoso (Fig. 4.2);
- com excepção dos furos F5 e F6, ocorre mais do que um nível produtivo;
- existe claramente um nível aquífero mais próximo da superfície, entre os 25m e os 50m com considerável extensão lateral;
- a correlação entre os níveis produtivos mais profundos é menos clara; contudo, nas proximidades dos 100m a 150m de profundidade é frequente a presença destes níveis.

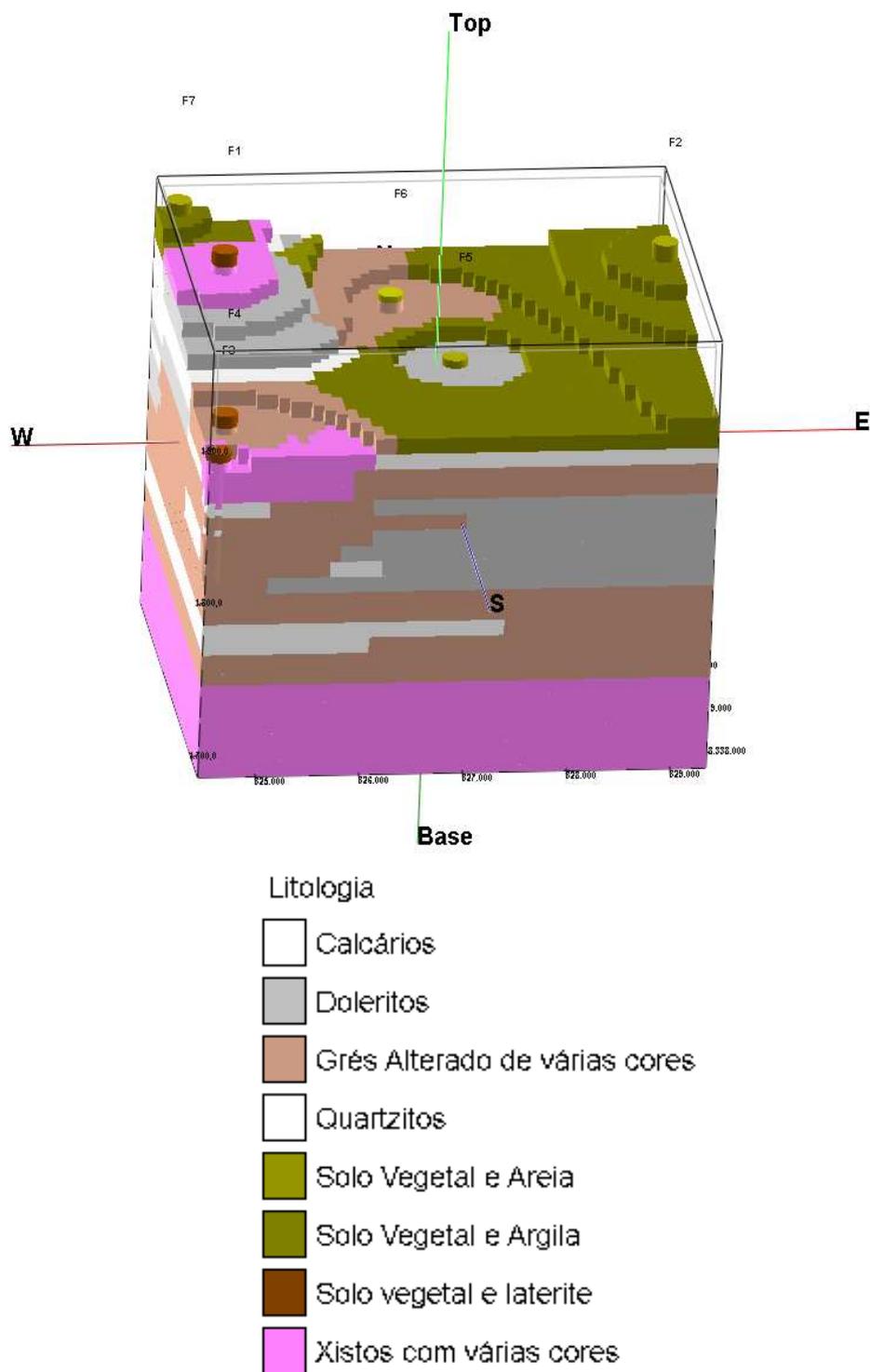


Figura 4.7: Tentativa de interpretação litológica com base na correlação entre os furos seleccionados.

Na Figura 4.8 apresenta-se a correlação geométrica entre os diversos níveis com boa produção de água. Esta correlação aponta para a ocorrência de duas unidades aquíferas no sector estudado - sector da Humpata - do Sistema aquífero da Chela. No entanto, a unidade aquífera inferior expressa uma morfologia pouco regular e, conseqüentemente, a sua confirmação requer mais elementos geológicos, estruturais e hidrogeológicos.

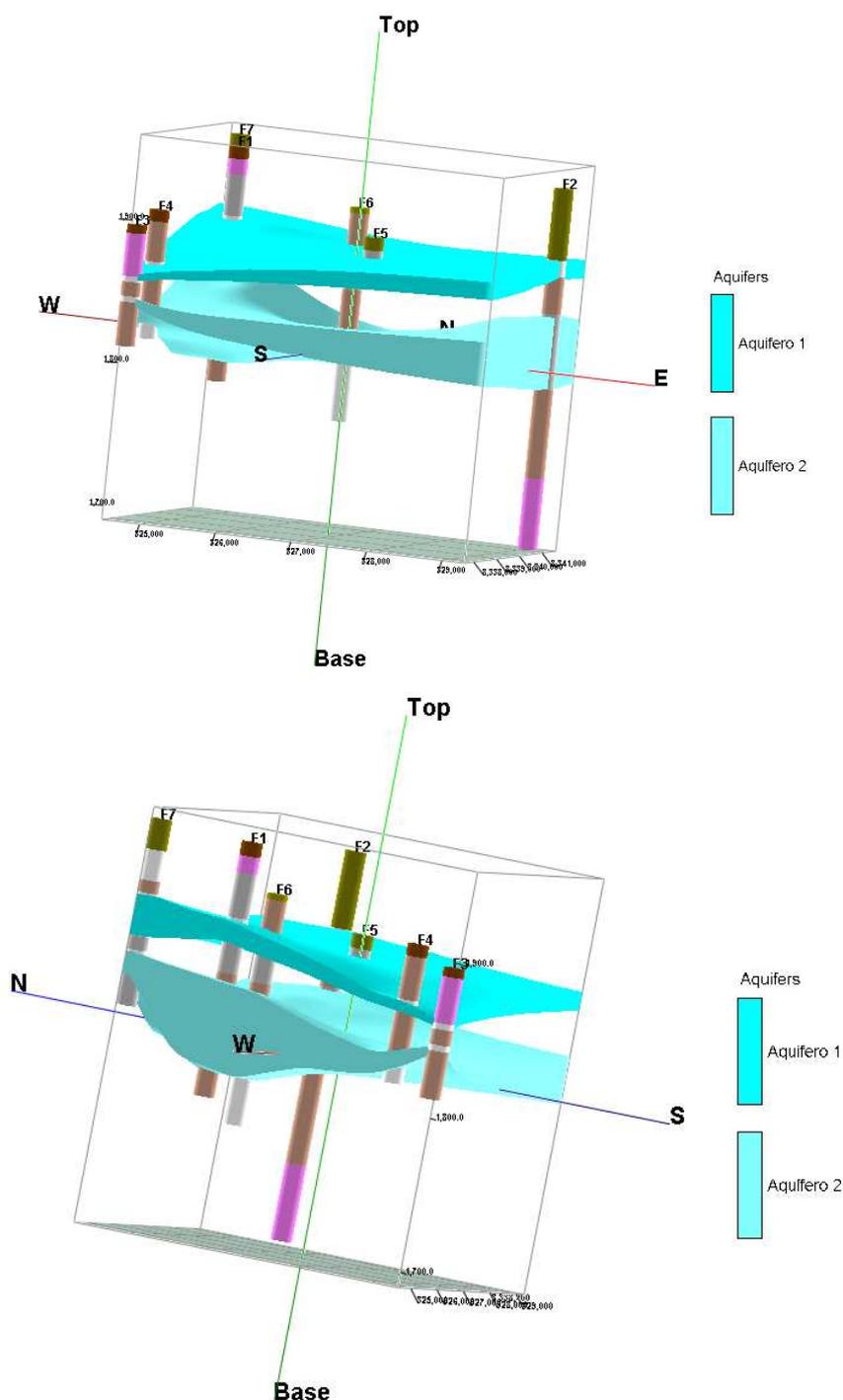


Figura 4.8 - Tentativa de definição geométrica das duas unidades aquíferas locais com base nos elementos fornecidos pelos furos seleccionados.

Para além dos elementos acima referidos, é possível apontar as seguintes características hidrogeológicas do sector em estudo:

- o meio aquífero é do tipo fracturado, apresenta alguma descontinuidade, é anisotrópico e heterogéneo;

- as unidades aquíferas identificadas apresentam regime confinado a semi-confinado; o confinamento está associado aos níveis xistentos e quartzíticos densos e pouco fracturados (níveis pró-impermeáveis);

- a produtividade aquífera média é boa (de acordo com informações dos 7 furos em estudo, o caudal médio de exploração dos furos desta área é de 11,3 m<sup>3</sup>/h); este facto resulta da natureza estrutural do meio aquífero (quartzitos e grés quartzosos densamente fracturados, logo com boa condutividade hidráulica);

- a recarga aquífera resulta fundamentalmente da infiltração de uma importante fracção das águas pluviais; a ligação hidráulica com as linhas de água perenes (nomeadamente com o rio Tchipeio) pode constituir um importante aporte hídrico subterrâneo.

### **4.3. Caracterização hidroquímica**

As características físico-químicas das águas subterrâneas podem ser influenciadas por factores intrínsecos ao meio hidrogeológico, como a composição e natureza mineralógica da rocha, condições de circulação e armazenamento da água tempo de residência da água no aquífero, e também por factores externos como o clima, as actividades antrópicas poluentes e os processos de recarga artificial.

A caracterização físico-química das massas de água naturais que evoluem na zona estudada baseiam-se em registos de campo obtidos durante o período de Outubro de 2012 a Abril de 2013. Utilizou-se numa primeira fase (em 2012) equipamento de campo da empresa Selagrup, e, mais tarde (em 2013), foram efectuadas novas medições com equipamento da Universidade de Coimbra. As

medições efectuadas com os dois tipos de aparelhos diferentes, determinaram valores semelhantes.

O estudo hidroquímico considerou, para além da água captada nos furos estudados, medições em amostras recolhidas no rio Tchipeio e na nascente da Humpata.

Quantificaram-se os seguintes parâmetros: Temperatura, pH, Condutividade Eléctrica e Oxigénio dissolvido.

A quantificação *in situ* de parâmetros físico-químicos foi efectuada com medidores portáteis de modelo Eijelkamp e PanTest (Fig. 4.9).



Figura 4.9: Recolha de amostras, medições de parâmetros físico-químicos e equipamentos utilizados.

As análises foram efectuadas directamente no curso de água principal, ou recolhendo amostras em recipiente apropriado.

Foram efectuadas medições nos 7 furos estudados, em 4 pontos do rio Tchipeio e na nascente da Humpata (localização na Fig. 4.10).

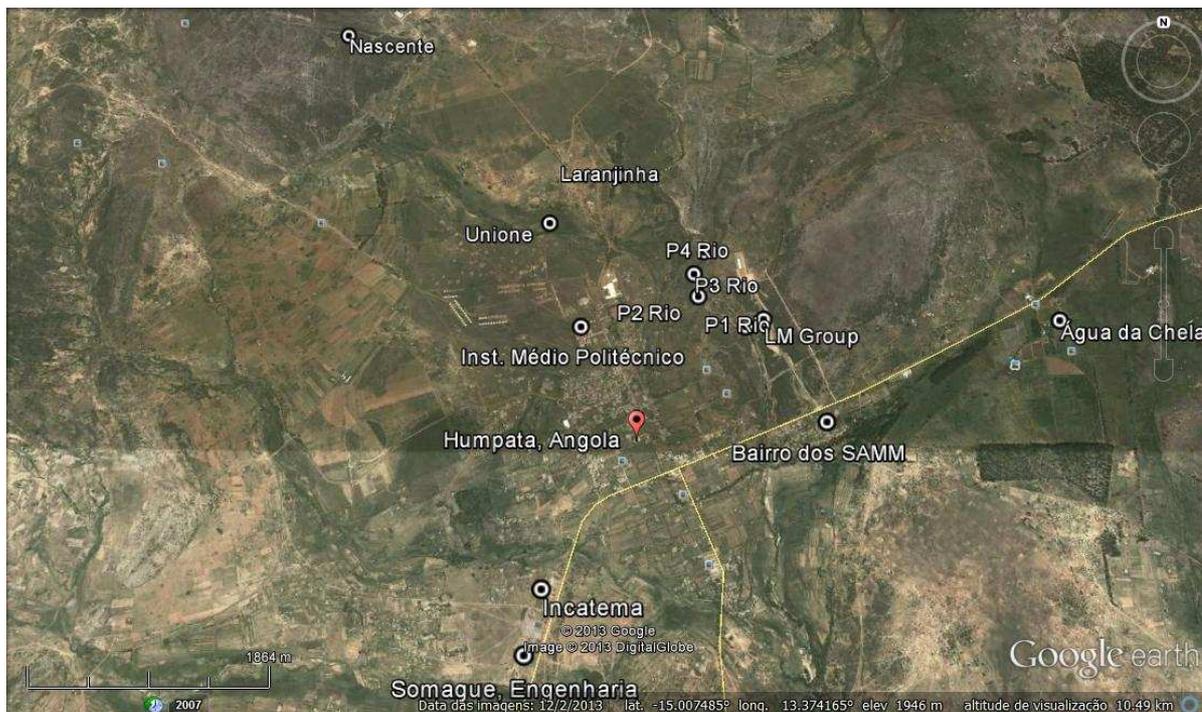


Figura 4.10 – Localização dos pontos de medição (em imagem do *Google Earth*, 2013).

Quadro 13 – Resultados das análises físico-químicas efectuadas *in situ*

Local de medição	Temperatura (°C)	CE (µS/cm)	pH	Ox dissolv. (mg/L)
Furo 1	21	19,8	5,1	5,4
Furo 2	23	18,5	5,4	7,3
Furo 3	22,1	14,6	5,0	4,9
Furo 4	20	12,3	5,2	6,1
Furo 5	21	11,2	5,2	6,3
Furo 6	21,6	11	5,1	7,0
Furo 7	23	18,5	4,9	4,8
Nascente	20,3	7,45	5,2	9,4
Rio_Ponto 1	22,1	18,1	6,4	5,0
Rio_Ponto 2	21,7	17,2	6,1	9,2
Rio_Ponto 3	21	19,4	5,1	6,3
Rio_Ponto 4	21,4	16,5	5,2	6,0

Os resultados obtidos e expressos no quadro 13, permitiram realçar os seguintes aspectos:

- a temperatura da água dos furos está em equilíbrio com a temperatura da água do rio e próxima da temperatura média atmosférica;
- Os valores do pH são claramente ácidos, na ordem dos 5,0 aos 5,5; estes valores revelam uma proximidade com os valores da precipitação atmosférica e a circulação subterrânea em meios quartzíticos (siliciosos);
- a condutividade eléctrica é baixa a muito baixa, oscilando entre os 11  $\mu\text{S}/\text{cm}$  aos 19,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , o que traduz novamente uma aproximação à água da chuva, uma interação água-rocha pouco desenvolvida e um tempo de residência curto da água no meio aquífero;
- os valores do oxigénio dissolvido são moderadamente altos, indicando uma circulação e tempos de residência rápidos em meios oxigenados.

Os resultados obtidos apontam para a inexistência, no período de desenvolvimento deste estudo, de contaminação significativa das águas subterrâneas. Contudo, ocorrem na zona actividades e estruturas antrópicas que constituem importantes focos de contaminação potencial das massas de água, superficiais e subterrâneas.

Como potenciais fontes de contaminação identificaram-se:

- as actividades agro-pecuária;
- as actividades domésticas;
- a ausência ou a deficiente rede de recolha de águas efluentes residuais e de resíduos sólidos (lixos).
- os programas urbanísticos, já que se prevê a construção num futuro breve de novas urbanizações na zona estudada.

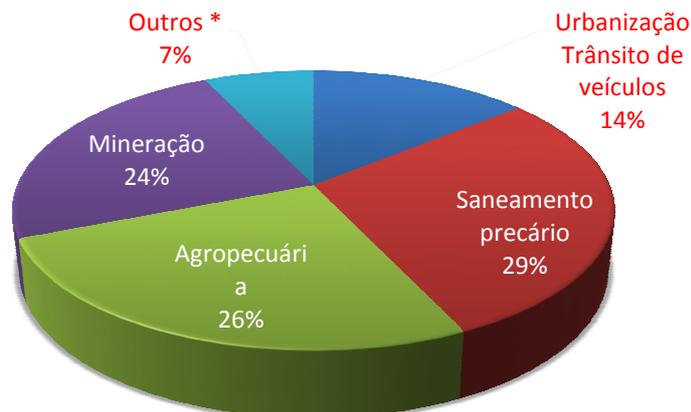
Na figura seguinte (Fig. 4.11) apresentam-se imagens das actividades acima referidas.



**Figura 4.11: Potenciais focos e processos de contaminação das massas de água na zona em estudo.**

De uma forma geral e tendo em conta o modo como estão a surgir as novas urbanizações pelo país e atendendo à falta de cuidados na utilização dos imóveis e má gestão de águas efluentes e dos sólidos residuais, é de prever uma explosão dos potenciais focos de contaminação das águas subterrâneas e superficiais.

Segundo Beato *et al.* (2006), a actividade agropecuária e o saneamento básico precário constituem as maiores fontes de contaminação das águas subterrâneas em regiões periurbanas (Fig. 4.12).



\* Postos de gasolina, cursos de água contaminados, aterros sanitários e não controlados, etc.

**Figura 4.12: Resumo das principais fontes de contaminação das massas de água naturais nas regiões periurbanas em Angola.**

#### 4.4. Usos de Água

A água subterrânea vem se destacando, nos últimos anos, como uma importante fonte alternativa de abastecimento. Esta tem actualmente um papel significativo para o abastecimento público, contribuindo como parcela complementar no atendimento às áreas urbanas e como praticamente único manancial nas zonas rurais. O aproveitamento da água subterrânea é feito basicamente através de poços tubulares, poços escavados e captação de nascentes. Regiões com maior potencial hidrogeológico, em especial aquelas inseridas no domínio de terrenos cársticos, têm no recurso subterrâneo, uma fonte potencial importante.

Nas zonas rurais, o recurso subterrâneo é utilizado basicamente para abastecimento doméstico e abeberamento animal.

A aptidão para as diversas formas de uso (consumo humano, agrícola e industrial) da água subterrânea, relaciona-se com as características hidroquímicas.

##### Consumo humano

Conforme demonstrado no ponto anterior - caracterização hidroquímica -, as águas subterrâneas da região apresentam valores baixos de condutividade eléctrica o que poderá indicar uma contaminação reduzida.

O único indicador de contaminação encontrado nesta região está relacionado com a captação da nascente que apresenta problemas a nível de vedação e

isolamento do sistema de captação (encontra-se obsoleta), permitindo a entrada de gado e potencializando os níveis de contaminação.

A identificação destes fatores e sua correção são determinantes para manutenção da qualidade da água em termos satisfatórios para consumo humano.

### **Uso agro-industrial**

Destaca-se nessa região a existência de 2 unidades industriais, nomeadamente: fábrica de engarrafamento de água e a fábrica de produção e engarrafamento de sumo.

## Capítulo 5. Conclusões e recomendações

Na primeira parte deste capítulo apresentam-se resumidamente os principais resultados do presente estudo, particularmente as características geológicas e hidrogeológico do Sistema aquífero implantado na sequência vulcano-sedimentar designada pelo Grupo da Chela. Apresenta-se ainda uma caracterização estrutural das sete captações (furos) estudadas e uma avaliação físico-química da água extraída nos furos, da nascente da Humpata e do rio Tchipeio.

Na segunda parte, expressam-se algumas recomendações objectivadas para a protecção/conservação dos aquíferos explorados, para a gestão sustentada das estruturas de captação hídrica e para um correcto ordenamento do território na região.

### 5.1. Conclusões

Com base na bibliografia consultada, nos trabalhos e medições de campo, bem como na interpretação e análise dos dados, pode-se dizer resumidamente que a área em estudo apresenta o seguinte enquadramento físico:

#### **Geográfico, Topográfico e Hidrográfico**

A zona em estudo encontra-se na Província da Huila, sul de Angola, no município da Humpata, com coordenadas S15°00'48.98"; E13°22'34.87".

Localiza-se na bordadura do Planalto da Humpata, que atinge os 2200 m na vertente do Cristo Rei a sul da cidade do Lubango. O degrau dos planaltos da Humpata e Bimbe segue uma direcção NE-SW.

Os locais estudados inserem-se parcialmente no sector montante da bacia hidrográfica do rio Caculuvale, que corta a vila da Humpata e constitui uma sub-bacia do rio Cunene.

#### **Geológico**

A zona em referência inclui-se na sequência vulcano-sedimentar designada pelo Grupo da Chela e é essencialmente constituída pelas seguintes formações litológicas:

- Quartzitos, moderadamente alterados e extremamente fracturados por vezes com cavidades de dissolução da rocha (tipo carsificação); bancadas xistentas e níveis com metavulcanitos; ocorrem ainda corpos doleríticos intrusivos.

### **Uso e ocupação do solo**

A superfície na zona de estudo esta coberta essencialmente por vegetação do tipo mato esparsa e por árvores de porte variado, nomeadamente por *Altherbosas*, agrupamentos de *Podocarpus*, *Eucaliptos*, *Strychnos Espinosa* e *Carissa Dulis* junto das nascentes. Ocorrem ainda manchas residências e infraestruturas rodoviárias.

Nas envolventes das captações estudadas desenvolve-se a implantação de pequenos pólos dispersos de ocupação humana (habitações e pólos comerciais-indústrias), sendo a acção de maior destaque a pastorícia de gado bovino e caprino e a agricultura não-intensiva.

### **Hidrogeologia**

Do estudo elaborado nesta região e baseado fundamentalmente na interpretação de elementos geológicos, hidrogeológicos e hidráulicos de sete furos, foi possível verificar o seguinte:

- o meio aquífero é do tipo fracturado, apresenta alguma descontinuidade lateral e vertical, é anisotrópico e heterogéneo;
- as unidades aquíferas identificadas apresentam regime confinado a semi-confinado; o confinamento está associado aos níveis xistentos e quartzíticos densos e pouco fracturados (níveis pró-impermeáveis);
- os níveis aquíferos estão claramente associados às bancadas de quartzito e, por vezes às de grés quartzoso alterado;
- ocorre claramente mais do que um nível produtivo entre os 25m e os 50m com considerável extensão lateral; verifica-se a ocorrência de um segundo nível nas proximidades dos 100m a 150m de profundidade, embora com menor definição e continuidade lateral.
- a recarga aquífera resulta fundamentalmente da infiltração de uma importante fracção das águas pluviais.

As massas de água subterrâneas que ocorrem nas zonas em estudo são utilizadas para o consumo doméstico, industrial e produção agropecuária.

Pelas análises físico-químicas da água, efectuadas *in situ*, verifica-se que a água apresenta valores muito baixos da condutividade eléctrica, é ligeiramente ácida o que permite deduzir que actualmente a água consumida no município da Humpata não apresenta contaminação. Contudo, existem nesta região potenciais focos de contaminação que devem ser levados em consideração.

## 5.2 Recomendações

No sentido de proteger, preservar e desenvolver a exploração sustentada dos aquíferos estudados e contribuir para uma correcta política de ambiente e ordenamento, propõem-se as seguintes medidas:

- As áreas de recarga dos aquíferos devem ser bem definidas, protegidas e monitorizadas, permitindo a livre infiltração das águas pluviais e uma exploração sustentável, nem que para a concretização deste objectivo seja necessário um grande investimento para que possam ser efectuados estudos geofísicos e assim conhecer-se melhor o potencial aquífero deste sistema e definir-se as áreas de recarga.

- Nos extremos dos domínios restritos da nascente, nomeadamente onde ocorram actividades potencialmente poluidoras, devem ser tomadas as devidas precauções para isolamento definitivo da área envolvente e se possível construir furos para amostragem e monitorização das águas aquíferas.

- Devem-se aperfeiçoar e definir sobre forma de leis o uso exclusivo de fossas sépticas e a devida protecção sanitária dos poços e furos ali existentes, tanto para residências como para as indústrias locais.

- Tendo em vista o actual baixo grau de degradação ambiental em que se encontra o local em estudo, torna-se urgente a inserção de projectos de conscientização e educação ambiental para a sociedade, por formas a viabilizar por um lado o cumprimento da legislação ambiental existente e, por outro, o uso adequado dos recursos naturais, evitando assim impactes ambientais irreversíveis e colocando em risco a saúde das comunidades locais.

- Desenvolvimento de processos contínuos de monitorização das massas de água exploradas: verificação de níveis e avaliação da qualidade da água.

- Estruturação de um banco de dados digital e georreferenciado a ser periodicamente actualizado, para permitir a visualização dos detalhes nos

respectivos perímetros de protecção a definir para as captações. À medida que os respectivos dados mapeados forem efectuados numa escala mais adequada, seria possível incorporá-los ao banco de dados da Direcção Nacional de Águas, valorizando-o à escala nacional.

- Recomenda-se a necessidade do poder público, seja através da Administração Municipal ou de estruturas responsáveis pela preservação Ambiental, exigir, com cobertura legislativa, que os usuários dos recursos naturais da Bacia hidrográfica do Cunene preservem os locais das Áreas de Protecção Permanente ainda existentes e recuperem as áreas degradadas.

## Bibliografia

ANDRADE C. Gestão dos recursos hídricos em Angola. Bacias hidrográficas transfronteiriças. o caso do Cubango-Okavango, 2008.

ARRHUAA (2000) – *Bacia do Cunene S.W. Coast*, Consultora SWECO Groner AS, Sonangol, Pag. 12-74.

AZEVEDO, JM, Rodrigues, NEV, Baptista, ES, (2011) Enquadramento geológico e hidrogeológico das captações da Bombagem e da Tundavala, Lubango, Angola. - *Proceedings do 8º Seminário sobre Águas Subterrâneas*. Lisboa. 3p.

BARATA, F. [aeppea.wordpress.com](http://aeppea.wordpress.com), Vamos Conhecer os Recursos Naturais de Angola e de Portugal – Huíla. 2011

BARBOSA, I. V. F., Gestão integrada dos recursos hídricos na ilha do fogo, Licenciatura em Geologia, Instituto Superior de Educação – Cabo Verde, 2008. 67p.  
DINIZ, A. C. (1972) – *Serviços Meteorológicos de Angola*, Nova Lisboa.

BAPTISTA, E.S.R (2010) Caracterização hidrogeológica e medidas de protecção das captações da bombagem e da Tundavala, Lubango, Angola. - Tese de Mestrado em Geociências, FCTUC, Universidade de Coimbra. 87p.

BEATO, D. A. C., MONSORES, A. M., BERTACHINI A. C., Potencial aquífero nos metassedimentos do quadrilátero ferrífero, XIV Congresso Brasileiro de Geologia, 2006. 20p.

BETIOLLO, L. M., Caracterização estrutural, hidrogeológica e hidroquímica dos sistemas aquíferos de Guarani e Serra geral no nordeste do rio grande do sul, UFRGS, Instituto de Geociências, Brasil, 2006. 117p.

CASTRO, B.M. (2012) Caracterização hidrogeológica e usos da água da nascente de nossa Senhora de Monte, Lubango, Angola. - Tese de Mestrado em Geociências, FCTUC, Universidade de Coimbra. 37p.

CORREIA, H. (1976) – “*O grupo Chela e a formação Leba como novas unidades litoestratigráficas resultantes da redefinição da Formação da Chela na região do planalto da*

CARABALLO, M. P. C., XAVIER J. M., Manual de água subterrânea, Ministério de Pecuária, Agricultura e Pescas, Uruguai, 2012.

CARVALHO, J. M. Prospecção e pesquisa de recursos hídricos subterrâneos no maciço antigo português: linhas metodológicas, Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro, 2006.

DINIZ, A. C. (1973) – *Características Mesológicas de Angola*, M.I.I.A, 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. (2001) – *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.

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.

HELLER Leo e PADUA, Valter Lúcio, *Abastecimento de água para consumo humano*, Editora UFMG-2006.

JOÃO, A., SILVA, A. M. C. (2007) *geologia 12ª classe da reforma educativa*, Texto Editores, Luanda, 2008.

LOPES, F. C., ANDREADE, A. I., HENRIQUE, M. H., QUINTA-FERREIRA, M., BARATA, M. T. & PENA DOS REIS, R. (2012) *Para Conhecer a terra, memórias e notícias de geociências no espaço lusófono*, Imprensa de Coimbra.

MARQUES, J. A. A. S. e SOUSA, J. J. O., *Hidráulica urbana. Sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais*. 3ª Edição, 2011.

MARQUES, J. A. A. S, *Água, Benção/Maldição, um património universal*, Universidade de Coimbra, 2012.

MPENGO, H.K:C (2010) *Caracterização Geológica e Estrutural do Bordo Ocidental do Planalto da Huíla, com base em Técnicas de Detecção Remota*. - Tese de Mestrado em Geociências, FCTUC, Universidade de Coimbra. 67p.

NASCIMENTO J.; CHAMBEL A.; DUQUE J.: *Caracterização hidroquímica das águas subterrâneas das rochas cristalinas dos concelhos de Sines e Santiago do Cacém, nota prévia – APRH, 2008*.

PEREIRA, E., TASSINARI, C.C.G., RODRIGUES, J.F., VAN-DÚNEM M.V. *Novos dados sobre a idade da sequência vulcano-sedimentar do grupo chela e do soco granítico subjacente*, LNEG – Laboratório Nacional de Geologia e Energia - Portugal, 2011.

PRESS, F., SIEVER R., GROTZINGER J. e JORDAN, T. H., *Para entender a terra*, Bookman Editora, 2006.

\*\*\*

*NORWEGIAN WATER RESOURCES AND ENERGY DIRECTORATE, "NATIONAL STRATEGY PLAN FOR REHABILITATION OF THE HYDROMETRIC NETWORK IN ANGOLA", 2008.*

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

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

\*\*\*

Serviços de Águas Subterrâneas (2008) Kit de sensibilização sobre o rio Cunene, A gestão dos recursos hídricos - infra-estruturas de água.

<http://www.kunenerak.org/pt/gestao/water+infrastructure/groundwater+sources+and+infrastructure.aspx>

<http://www.rna.ao/radioluanda/noticias.cgi?ID=77703>

<http://pt.climate-data.org/location/18104/>

Localização da bacia do Cunene no território angolano (in LNEC, 1996, p.13).

C.H.N.M. Carta Humanitária e Normas Mínimas, Esfera água saneamento e higiene, 2008.