



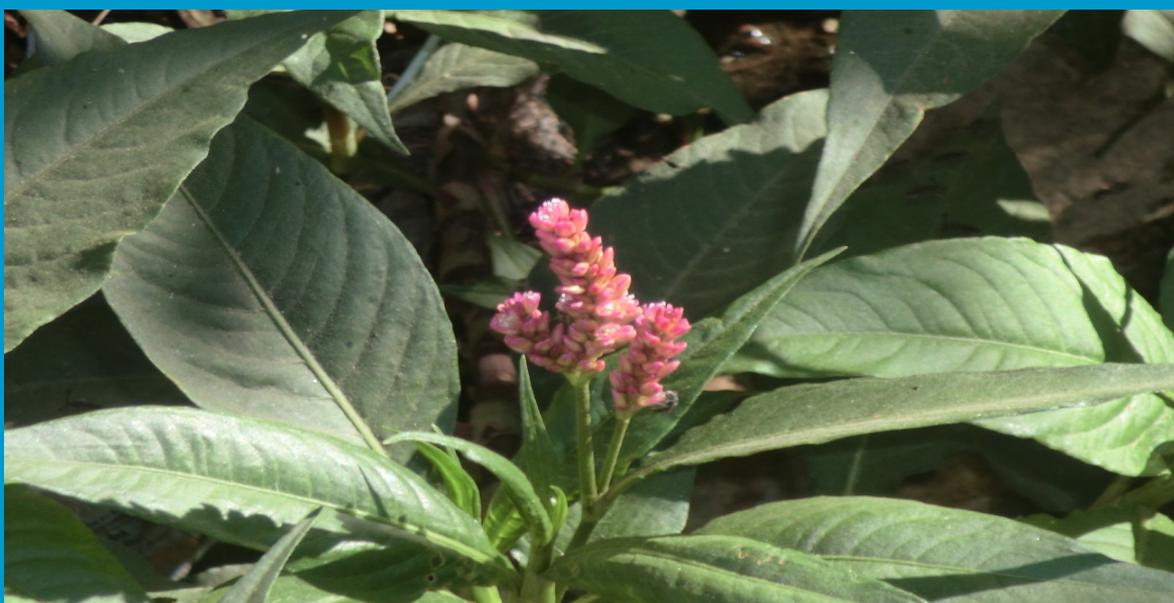
UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Departamento de Ciências da Terra

***PERSICARIA PULCHRA* COMO BIOINDICADORA DE
CONTAMINAÇÃO - APLICAÇÃO À ENVOLVENTE DA CIDADE DO
LUBANGO, ANGOLA**

Diop Venâncio Paulino

MESTRADO EM GEOCIÊNCIAS – RAMO AMBIENTE E ORDENAMENTO DO
TERRITÓRIO

Fevereiro, 2014



UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Departamento de Ciências da Terra



***PERSICARIA PULCHRA* COMO BIOINDICADORA DE
CONTAMINAÇÃO - APLICAÇÃO À ENVOLVENTE DA CIDADE DO
LUBANGO, ANGOLA**

Diop Venâncio Paulino

**MESTRADO EM GEOCIÊNCIAS – RAMO AMBIENTE E ORDENAMENTO DO
TERRITÓRIO**

Orientadores científicos

Prof. Doutor João António Mendes Serra Pratas, Faculdade de Ciências e Tecnologia,
Universidade de Coimbra

Prof. Doutor Nelson Edgar Viegas Rodrigues, Faculdade de Ciências e Tecnologia,
Universidade de Coimbra

Fevereiro, 2014

AGRADECIMENTOS

Expresso tamanha gratidão a Deus, que desde o começo do curso esteve do meu lado, cuidando-me e dando-me sabedoria para a conclusão.

Os meus votos sinceros de gratidão são dirigidos aos meus orientadores Professores Doutores João António Mendes Serra Prata e Nelson Edgar Viegas Rodrigues que pacientemente e de forma dedicada contribuíram para o término da dissertação.

Aos Professores da Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade de Coimbra, pela dedicação e entrega na formação dos jovens Angolanos.

Aos Professores, Corpo Directivo (Eng. Carlos e a Dr. Margarida Ventura) e funcionários do Instituto Superior Politécnico Tundavala (Lubango-Angola), que têm pautado por uma formação séria e digna.

Aos funcionários do Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra e particularmente às funcionárias da Biblioteca, secretaria (Sr. Júlio).

Também agradeço aos meus Pais Venâncio Chandala Paulino e Maria de Lurdes Nangambela, irmão e amigos que foram dando subsídios salutareis e pertinentes ao trabalho.

Tamanha gratidão endereço a minha querida namorada e futura esposa Gilda Eduardo que contribuiu com orações para que este trabalho atingisse o término.

Agradeço ao Mestre Igor F. Morais, pelo subsídio prestado no tratamento analítico das amostras e ao colega Constantino Calei, agradeço por ter disponibilizado sua viatura no apoio da recolha das amostras.

Os meus votos de gratidão são endereçados a todos que directa e indirectamente me prestaram apoio, à Direcção da Escola do II ciclo Arimba Antena da Matala e colegas.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu Deus!

Dedico aos meus Pais, Venâncio Chandala Paulino em especial a minha querida mãe Maria de Lurdes Nangambela que com afinco, empenho deu-me forças e incentivos para a conclusão dos trabalhos.

Aos avôs Paulino, Belina Jamba, aos tios Ramiro Isaac, as tias Boana e em especial a tia Nícia Israel.

Aos meus irmãos e irmãs Jetro Venâncio, Miqueias Venâncio, João Gomes, Israel Martinho, Delfina Nalioco, Analzira Chandala, Anabela Flora, aos sobrinhos Junior, William, Flovi e Sarita.

Aos primos Gil, Lary, Marcio, Belina e a minha amada Gilda, dedico-lhes este trabalho.

Dedico aos meus amigos e amigas Mestre João Hequer, Celestino Messias, Frederico Tchissingui, Noémia e Mimi.

Ao Pastor Avelino Pedro e sua esposa dedico-lhes este trabalho.

Aos Professores Doutores João António Mendes Serra Prata e Nelson Edgar Viegas Rodrigues dedico-lhes pela amabilidade.

Resumo

O presente estudo visa determinar as áreas de contaminação natural e antrópica (acção humana) nos rios da envolvente da cidade do Lubango em Angola usando plantas como sensores (biomonitores).

No decorrer deste trabalho foram seleccionadas, recolhidas e preparadas para análise as seguintes espécies: *Persicaria pulchra*, *Myzcanthus junces*, *Echinochloa stagina*, *Juncus oxycarpus*, *Cyperus spp.*, *Pennisetum macrourum*, *Nymphoides indica* e *Myscanthus junceus*. As amostras foram enviadas para análise no Laboratório de Biogeoquímica do Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra. A colheita foi feita em dezasseis (16) pontos dos rios da envolvente da cidade de Lubango. A análise de resultados acabou por se centrar apenas em doze pontos pois foi nesses que se conseguiu recolher sempre a mesma espécie (*Persicaria pulchra*). A análise química dos elementos As, Cr, Cu, Li, Ni, Pb e Zn foi efectuada por espectrofotometria de absorção atómica por chama (AAS), e espectrofotometria de absorção atómica com câmara de grafite (GFAAS). Os resultados obtidos permitiram destringir as áreas com contaminação natural e antrópica nas linhas de águas da envolvente da cidade do Lubango.

O estudo revelou claramente duas áreas com contaminação natural (Nossa Senhora do Monte e rio Tchipuvi, aventando-se a presença de sulfuretos em ambos os casos), e duas áreas com contaminação antrópica (rio Mukufi e rio Capitão).

Este estudo contribui para a validação e promoção desta técnica (uso de plantas biomonitoras) e alertará para a necessidade de preservar os ecossistemas terrestres e aquáticos da nossa cidade e do País.

Palavras-Chave: plantas biomonitoras, *Persicaria pulchra*, qualidade da água, Lubango, indicadores biogeoquímicos, contaminação natural e antrópica.

Abstract

This study aims to determine areas of natural and anthropogenic contamination in the rivers surrounding the city of Lubango, Angola, using plants as sensors (biomonitors).

In this work, samples from eight plant species were initially selected, collected and prepared for analysis: *Persicaria pulchra*, *Myzcanthus junces*, *Echinochloa stagina*, *Juncus oxycarpus*, *Cyperus spp.*, *Pennisetum macrourum*, *Nymphoides indica* and *Myscanthus junceus*. The samples were sent for analysis at the Laboratory of Biogeochemistry, Department of Earth Sciences, University of Coimbra. The survey focused on sixteen (16) points of the rivers surrounding the city of Lubango. The analysis of results ended up focusing only on twelve of those points because it allowed the analysis of the same species in different points (*Persicaria pulchra*). Chemical analysis of As, Cr, Cu, Li, Ni, Pb and Zn elements was carried out by atomic absorption spectrophotometry (AAS), and atomic absorption spectrophotometry with a graphite furnace (GFAAS). The results allowed us to disentangle the areas with natural and man-made contamination of the streams surrounding the city of Lubango.

The study clearly revealed two areas with natural contamination (Nossa Senhora do Monte and river Tchivuvi, and the presence of sulphides in both cases has been suggested), and two areas with anthropogenic contamination (river Mukufi and river Capitão).

This study contributes to validate and to promote this technique (using plants as biomonitors) and it alerts for the need to preserve terrestrial and aquatic ecosystems of our city and country.

Key words: biomonitor plants, *Persicaria pulchra*, water quality, Lubango, biogeochemical indicators, natural and anthropogenic contamination.

Índice

| | |
|---|----|
| 1 – Introdução | 1 |
| 1.1. Objectivo | 2 |
| 1.2. Resultados Esperados | 2 |
| 1.3. Metodologia | 2 |
| 1.4. Estrutura do trabalho | 3 |
| 2 - Revisão Bibliográfica | 4 |
| 2.1. Acumulação de metais na vegetação | 4 |
| 2.2. Indicadores Biogeoquímicos | 7 |
| 2.3. Contaminação Natural e Contaminação Artificial | 9 |
| 3 - Caracterização da Área de Estudo | 12 |
| 3.1. Enquadramento Geográfico | 12 |
| 3.2. Geologia e geomorfologia | 13 |
| 3.3. Clima | 19 |
| 3.4. Hidrografia | 21 |
| 3.5. Solos | 24 |
| 3.6. Vegetação | 25 |
| 4 - Materiais e Métodos | 27 |
| 4.1. Caracterização da Vegetação Utilizada | 27 |
| 4.2. Locais de Amostragem | 31 |
| 4.3. Métodos de Colheita e Armazenamento | 49 |
| 4.4. Métodos Analíticos | 49 |
| 5 - Resultados e Discussão | 51 |
| 6 - Conclusões e Recomendações | 58 |
| 6.1. Conclusões | 58 |
| 6.2. Recomendações e Sugestões | 58 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 2.1 - Fontes de poluição | 11 |
| Figura 3.1 - Província da Huíla, demarcação dos municípios e principais vias | 12 |
| Figura 3.2 - Esboço geológico genérico de Angola | 14 |
| Figura 3.3 - Excerto da Folha nro 3 da Carta Geológica de Angola na escala 1:1000000 focando a zona estuda neste trabalho. | 15 |
| Figura 3.4 - Corte geológico na área do Lubango com direcção N-S | 16 |
| Figura 3.5 - Sequência litostratigráfica do Grupo da Chela | 17 |
| Figura 3.6 - Mapa geológico e esquemático da região de Lubango-Bibala | 18 |
| Figura 3.7 - Rede hidrográfica do Lubango, Capital da Huíla | 23 |
| Figura 3.8 - Carta Generalizada dos solos de Angola | 25 |
| Figura 4.1 - <i>Myscanthus junceus</i> | 28 |
| Figura 4.2 - <i>Echinochloa stagnina</i> | 28 |
| Figura 4.3 - <i>Juncus oxycarpus</i> | 29 |
| Figura 4.4 - <i>Cyperus spp.</i> | 29 |
| Figura 4.5 - <i>Pennisetum macrourum</i> | 29 |
| Figura 4.6 - <i>Nymphoides indica</i> | 30 |
| Figura 4.7 - <i>Persicaria pulchra</i> | 30 |
| Figura 4.8 - Localização dos pontos de amostragem (aeroporto do Lubango encontrando-se referenciado para melhor percepção da localização dos pontos) | 32 |
| Figura 4.9 - Enquadramento do ponto nro 1 (rio Mucufi) | 33 |
| Figura 4.10 - Enquadramento do ponto nro 2 (rio Capitão) | 34 |
| Figura 4.11 - Enquadramento do ponto nro 3 (rio Nambambe) | 36 |
| Figura 4.12 - Enquadramento do ponto nro 4 (rio Caculuvar) | 37 |
| Figura 4.13 - Enquadramento do ponto nro 5 (rio Caculuvar) | 38 |
| Figura 4.14 - Enquadramento do ponto nro 6 (rio Mapunda) | 39 |
| Figura 4.15 - Enquadramento do ponto nro 7 (rio Cascata) | 39 |
| Figura 4.16 - Enquadramento do ponto nro 8 (rio Tundavala) | 40 |
| Figura 4.17 - Enquadramento do ponto nro 9 (afluente do rio Mapunda) | 41 |
| Figura 4.18 - Enquadramento do ponto nro 10 (rio Caculuvar) | 42 |
| Figura 4.19 - Enquadramento do ponto nro 11 (rio Nombaca) | 43 |
| Figura 4.20 - Enquadramento do ponto nro 12 (Hoque) | 44 |
| Figura 4.21 - Enquadramento do ponto nro 13 (rio Sondjo) | 45 |
| Figura 4.22 - Enquadramento do ponto nro 14 (lago Muwavela) | 46 |
| Figura 4.23 - Enquadramento do ponto nro 15 (rio Tchipuvi) | 47 |
| Figura 4.24 - Enquadramento do ponto nro 16 (Nossa Senhora do Monte) | 48 |
| Figura 4.25 - Microondas (Anton Paar - Multiwave 3000) | 50 |
| Figura 4.26 - Espectrofotómetro de Absorção Atómica | 50 |
| Figura 5.1 - Variação relativa dos valores para cada ponto (linha horizontal realça os valores acima ou abaixo para cada elemento) | 53 |
| Figura 5.2 - Mapa geológico com localização dos pontos amostrados | 54 |
| Figura A1 - Balança (instrumento usado na pesagem das amostras) | 65 |
| Figura A2 - Amostras a ser analisadas (espécie <i>Persicaria pulchra</i>) | 65 |

Índice de Tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 2.1 - Concentração aproximada de elementos naturais nas plantas generalizada para várias espécies | 6 |
| Tabela 2.2 - Algumas plantas indicadoras | 8 |
| Tabela 3.1 - Temperaturas Médias do Lubango | 19 |
| Tabela 3.2 - Precipitação: duração do dia humidade relativa (médias) para a cidade do Lubango | 20 |
| Tabela 4.1 - Locais de Amostragem | 31 |
| Tabela 5.1 - Resultados analíticos para <i>Panicum pulchrum</i> (valores em mg/kg peso seco) | 51 |
| Tabela 5.2 - Valores relativos (valor/valor médio) | 52 |
| Tabela 5.3 - Resultados analíticos para <i>Cyperus spp.</i> (valores em mg/kg peso seco) | 53 |
| Tabela 5.4 - Resultados analíticos para <i>Myscanthus junceus</i> (valores em mg/kg peso seco) | 54 |
| Tabela 5.5 - Resultados analíticos para espécie <i>Juncus oxycarpus</i> (valores em mg/kg peso seco) | 56 |
| Tabela 5.6 - Resultados analíticos para espécie <i>Pennisetum macrourum</i> (valores em mg/kg peso seco) | 56 |
| Tabela 5.7 - Resultados analíticos para <i>Echinochloa</i> (valores em mg/kg peso seco) | 56 |
| Tabela 5.8 - Resultados analíticos para <i>Nymphoides indica</i> (valores em mg/kg peso seco) | 56 |

1 - Introdução

Angola é um país como uma imensidão de recursos hídricos invejável, mas a qualidade destes corre riscos por falta de conservação, preservação, cuidados e por apresentar uma estrutura urbanística deficiente em quase todas as cidades.

A contaminação dos pontos e linhas de água são factos reais e cada vez mais significativos. Urge a necessidade de se implementarem políticas ambientais adequadas mas que envolvam custos aceitáveis. Lubango é uma das cidades que vive assolada por estes problemas. O longo período de guerra que afligiu o País contribuiu de sobremaneira para o mau estado do ambiente, quebrando a noção de educação ambiental.

Após a guerra, registou-se uma grande explosão demográfica nas cidades, resultante de pessoas vindas de outras partes do país e do estrangeiro. Estas acabaram por ocupar espaços impróprios, junto a linhas de água e em vales, onde edificaram as suas habitações. A cidade do Lubango não é um caso excepcional, também sofre desses problemas.

O registo da ocupação humana ao longo das linhas de água é uma realidade que é acompanhada por um conseqüente aumento da deposição desordenada de resíduos. Estes têm aumentando a concentração de metais pesados na água e no solo. Por isso, é imperioso reflectirmos sobre a contaminação nos rios da cidade do Lubango-Angola.

No âmbito dos trabalhos de dissertação de mestrado em Geociências, Ramo Ambiente e Ordenamento, ministrado pelo Departamento de Ciências da Terra da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, surgiu a proposta de abordar a questão da contaminação hídrica na envolvente da cidade do Lubango. Como afirmou Cardoso (2013): aprender a saber, aprender a fazer, aprender a viver e o aprender a ser.

1.1. Objectivo

O trabalho em causa tem como objectivo avaliar o grau de contaminação natural e/ou antrópica das linhas de água da envolvente da cidade do Lubango usando plantas como bioindicadoras. Para isso foram recolhidas diversas amostras de plantas autóctones em linhas de água que atravessam a cidade do Lubango e em diversos locais da sua envolvente. Posteriormente estas amostras foram analisadas no laboratório do Departamento de Ciências da Terra da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. As concentrações de diversos metais nessas amostras permitiram inferir qual a situação do actual estado ambiental.

1.2. Resultados Esperados

Estudos semelhantes têm sido realizados em vários países do mundo, tendo-se obtidos resultados satisfatórios. A título de exemplo, em Portugal, na Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Ciências da Terra, têm sido realizados variadas experiências, estudos e ensaios para a determinação de elementos vestigiais em plantas, solos e águas. Estes estudos têm permitido a identificação de plantas hiperacumuladoras e de plantas biomonitoras.

Pretende-se assim criar interesse aos nossos governantes, no sentido de se implementar esta técnica de monitorização das linhas de água e solos. Tendo em conta os problemas das contaminações e poluições que assolam a nossa cidade, este método de baixo custo poderá ajudar a avaliar a situação actual e a sua evolução. Seria também interessante que o ensino destas técnicas fosse incluído em cursos adequados.

1.3. Metodologia

A metodologia e sequência de trabalhos adoptados para a prossecução dos objectivos traçados foram os seguintes:

- Numa primeira instância efectuou-se a recolha de elementos bibliográficos referentes à temática;
- Depois efectuou-se a análise e interpretação de mapas geológicos relacionados com a zona de estudo;
- O uso de imagens do *Google Earth* permitiu a delimitação da área em estudo e a localização de pontos de amostragem;
- Definição dos locais de amostragens;
- Delimitação da área de estudo;
- Localização das linhas de água específicas da envolvente da cidade do Lubango;
- Trabalho de campo (vistoria de linhas de água, prospecção, selecção e recolha de amostras de plantas);
- Secagem das amostras recolhidas sobre papel;
- Moagem das amostras de plantas depois de secas;
- Pesagem das amostras de plantas;
- Análises laboratoriais (químicas) de amostras de plantas moídas;
- Análise dos resultados obtidos e sua discussão.

1.4. Estrutura do Trabalho

Este trabalho é constituído por seis (6) capítulos que passamos a descrever.

Depois deste primeiro capítulo de teor introdutório, segue-se o segundo capítulo onde se efectua a revisão bibliográfica concentrando-se nas abordagens teóricas relacionadas com o tema.

O terceiro capítulo aborda a caracterização da área de estudo e faz-se um retrato sucinto sobre o clima, geologia, hidrografia e a vegetação.

O quarto capítulo espelha os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento da investigação.

No capítulo cinco apresentam-se os resultados obtidos e, a partir destes, efectua-se a discussão do significado destes.

Finalmente no capítulo seis faz-se a resenha do trabalho com as conclusões finais.

2 - Revisão Bibliográfica

2.1. Acumulação de metais na vegetação

Mouta (2001) sublinha que, para além das bactérias, os únicos seres vivos com capacidade para elaborar os seus próprios alimentos são as plantas. Para elas o sol é um recurso importante para a produção dos seus alimentos, as raízes e as folhas são consideradas os reservatórios de água e minerais.

O solo, a água, os nutrientes e o ambiente reflectem-se directamente no crescimento médio das plantas (Kabata-Pendias & Mukherjee, 2007).

As plantas terrestres, assim como as aquáticas, são espécies que servem de biomonitores. Esta característica permite a avaliação do grau de contaminação, poluição dos solos e dos espaços aquáticos, podendo também prever os riscos a que o ambiente possa estar sujeito.

Para Wagner & Boman (2003), plantas com capacidade de acumular metais nos seus tecidos consideram-se biomonitoras. Este método serve para monitorizar solos e espaços aquáticos. Os organismos vegetais (plantas) e animais são importantes, porque servem de sensores para o ambiente. Os contaminantes fixam-se nas plantas. Estas têm a capacidade de acumular e absorver a partir das raízes, das folhas e do caule.

Para Kabata-Pendias & Mukherjee (2007), a absorção dos elementos pelas raízes pode ser feita de forma activa, quando se apresenta na forma metabólica, e passiva, quando se apresenta na forma não metabólica. A absorção dos elementos pela raiz depende da concentração existente no solo. Plantas há que se consideram hiperacumuladoras de metais por possuírem a capacidade de absorver e acumular teores de metais mais elevados do que a maioria das outras plantas. Kabata-Pendias (2001) afirmou que as plantas podem acumular nos tecidos, metais pesados devido à capacidade que elas têm de se adaptarem ao meio ambiente.

Ramos (2005), na sua dissertação centrada na determinação dos teores de metais pesados em plantas típicas dos mangues do rio Cubatão, considera as raízes como meios que facilitam a entrada de metais e local de alojamento.

Não deixando de afirmar, que para além das raízes, existem outros tecidos que podem contribuir para este mecanismo.

De acordo com Vazquez (1999), citado por Marques (2008), os metais pesados que a planta acumula encontram-se distribuídos de forma irregular, achando-se assim, dispersos em diferentes compartimentos. Os metais pesados em plantas podem alterar a fisiologia destas. Quando se determina o conteúdo dos metais, ajuda-nos a entender o tempo e os níveis de durabilidade dos mesmos, sobre o ambiente e os efeitos biológicos por eles realizados. Na planta existem espaços onde os metais pesados se podem acumular. Os compartimentos onde eles se podem acumular são: intercelulares, extra-celulares e intra-celulares. Os intercelulares são aqueles em que os metais estão dissolvidos no líquido que envolve a célula. Os metais extra-celulares encontram-se ligados ionicamente por um período de tempo curto a um grupo, tornando-se parte dos componentes da parede celular. Os metais intra-celulares consideram-se como sendo os que se encontram no interior da célula, tanto no estado solúvel como no insolúvel.

Sawidis *et al.*, (2001), citado por Ramos (2005), usaram os vegetais como biomonitores, para determinar a concentração de metais pesados nas folhas, e que foram o cádmio, o cobre o manganês, o ferro e o zinco.

De acordo com Kabata-Pendias & Mukherjee (2007), alguns metais pesados como o cobre, o ferro, o manganês, o molibdénio e o zinco desempenham um papel importante no metabolismo das plantas. A absorção destes elementos pelas plantas depende de factores externos e internos.

A autora Kabata-Pendias (2007) espelha através de uma tabela a concentração aproximada de elementos naturais que se encontram nas plantas. Essa tabela encontra-se reproduzida e adaptada abaixo.

Tabela 2.1- Concentração aproximada de elementos naturais nas plantas generalizada para várias espécies (mg/kg⁻¹). Fonte: (Kabata-Pendia, 2007).

| Elementos | Suficiente ou normal | Excessivo ou Tóxico | Tolerância |
|-----------------|----------------------|---------------------|------------|
| Prata (Ag) | 0.5 | 5 – 10 | - |
| Arsénio (AS) | 1 – 15 | 5 – 20 | 0.2 |
| Boro (B) | 10 – 100 | 50 – 200 | 100 |
| Berílio (Be) | <1 – 7 | 10 - 50 | - |
| Cádmio (Cd) | 0.01 – 0.2 | 5 – 30 | 0.05 – 0.5 |
| Cobalto (Co) | 0.02 – 1 | 15 – 50 | 5 |
| Crómio (Cr) | 0.1 – 0.5 | 5 – 30 | 2 |
| Cobre (Cu) | 5 – 30 | 20 – 100 | 5 – 20 |
| Flúor (F) | 5 – 30 | 50 – 500 | - |
| Mercúrio (Hg) | - | 1 – 3 | 0.2 |
| Lítio (Li) | 3 – 5 | 5 – 50 | - |
| Manganésio (Mn) | 30 – 300 | 400 – 1000 | 3000 |
| Molibdénio (Mo) | 0.2 – 5 | 10 – 50 | - |
| Níquel (Ni) | 0.1 – 5 | 10 – 100 | 1 – 10 |
| Chumbo (Pb) | 5 – 10 | 30 – 300 | 0.5 – 10 |
| Selénio (Se) | 0.01 – 2 | 5 – 30 | - |
| Antimónio (Sb) | 7 – 50 | 150 | - |
| Vanádio (V) | 0.2 – 1.5 | 5 – 10 | - |
| Zinco (Zn) | 25 – 150 | 100 – 400 | 50 – 100 |

O cádmio, chumbo, níquel e zinco sendo estes considerados como metais pesados podem acumular-se em quantidades significativas nos tecidos das plantas atingindo níveis de toxicidade para homens e animais antes de produzirem efeitos fitotóxicos visíveis (Xian, 1989).

Um aspecto interessante e inovador tem a ver com o uso de biomassa, de plantas como as macrófitas que têm capacidade de remover poluentes da água onde habitam (Schneider, 2003), podendo funcionar assim como agentes despoluidores naturais.

Na sequência das considerações anteriores passamos, agora, a considerar os indicadores biogeoquímicos.

2.2. Indicadores Biogeoquímicos

No ambiente ocorrem processos químicos importantes para a vida, incluídos no designado Ciclo Biogeoquímico. À medida que se realiza o ciclo, os elementos são absorvidos, reciclados por componentes bióticos e abióticos na biosfera. É um processo cíclico que se efectua em vários compartimentos, desde que haja massa, componente química e física.

Tessier *et al* (1995), citados por Chagas (2008), afirmaram que os organismos sedentários são bons indicadores, por apresentarem facilidades na selecção, colheita e identificação. A vegetação escolhida não deverá apresentar variações durante o ano, nem tendências, porque se apresentará instável aos contaminantes.

Para Kabata-Pendias & Pendias (2001), citado por Morais (2013), consideram-se plantas indicadoras organismos com potencial de absorver metais pesados, servindo de trampolim na avaliação e na monitorização ambiental. Realça que os organismos podem ser animais e vegetais. O método pode ser utilizado para estudos do ambiente, a partir da análise química de diversos elementos. As plantas podem ser consideradas como receptoras ou não receptoras de metais.

Os indicadores biogeoquímicos são usados como variáveis para avaliar e dar resposta ao impacto que o solo e a água tendem a sofrer (Reddy *et al*, 2008).

A *Eichhornia crassipes* é uma espécie que tem capacidade de remover da água poluentes como o azoto, o fósforo, metais pesados e fenóis (Shneider, 2003).

Espécies como a *D. Purpurea*, *Cistus*, *Ladanifer*, *P. Pinaster*, *Calluna vulgaris* e *Stoenchas Helichrysum* têm maior capacidade de acumulação de metais quando comparadas com o eucalipto (Pratas *et al*, 2004).

De acordo com Meirelles *et al* (2005), em solos onde predominam espécies como gramíneas estoloníferas como a milhã (*Digitaria sanguinalis*) apresentam uma estrutura física deficiente. A *Raphanus raphanistrum*, nome comum nabiça, é uma planta que indica a falta de minerais de boro e manganês no

solo. A espécie *Sida rhombifolia* é indicada para descompactar o solo (permite melhorar a aeração do solo).

O ambiente e o homem são factores que determinam o espaço onde as plantas e os animais se desenvolverão. As plantas indicadoras têm a capacidade de registar o estado do ambiente.

Tabela nº 2.2- Algumas plantas indicadoras. Fonte: Meirelles *et al* (2005).

| NOME CIENTÍFICO | O QUE INDICAM |
|-------------------------------|--|
| <i>Oxalis oxyptera</i> | Solo argiloso, pH baixo, falta de cálcio e/ou molibdénio. |
| <i>Euphorbia heterophylla</i> | Desequilíbrio de azoto c/ cobre, ausência de molibdénio. |
| <i>Portulaca oleracea</i> | Solo bem estruturado, com humidade e matéria orgânica. |
| <i>Echinochloa crusgallii</i> | Solo anaeróbico, com nutrientes reduzidos a substâncias tóxicas. |
| <i>Carex ssp</i> | Solo muito exausto, com nível de cálcio extremamente baixo. |
| <i>Cenchrus ciliatus</i> | Solo depauperado e muito duro, pobre em cálcio. |
| <i>Eryngium ciliatum</i> | Planta de pastagens degradadas e com húmus ácido. |
| <i>Baccharis ssp</i> | Solos que retêm água estagnada na estação chuvosa, pobres em molibdénio. |
| <i>Amaranthus ssp</i> | Presença de azoto livre (matéria orgânica). |
| <i>Tagetes minuta</i> | Solo infestado de nemátodos. |
| <i>Taraxum officinalis</i> | Presença de boro. |
| <i>Galinsoga parviflora</i> | Solos cultivados com azoto suficiente, faltando cobre ou outros micronutrientes. |
| <i>Sida ssp</i> | Solos muito compactados. |
| <i>Rumex ssp</i> | Excesso de azoto livre, terra fresca. |
| <i>Senecio brasiliensis</i> | Camada estagnante em 40 a 50 cm de profundidade, falta potássio. |
| <i>Ricinus communis</i> | Solo arejado, deficiente em potássio. |
| <i>Raphanus raphanistrum</i> | Solos carentes em boro e manganês. |
| <i>Brachiaria plantaginea</i> | Solo com laje superficial e falta de zinco. |
| <i>Bidens pilosa</i> | Solos de média fertilidade. |
| <i>Pteridium aquilinum</i> | Excesso de alumínio tóxico. |
| <i>Cyperus rotundus</i> | Solos ácidos, adensados, mal drenados, possível deficiência de magnésio. |
| <i>Urtiga urens</i> | Excesso de azoto livre, carência em cobre. |

No ponto que se segue abordaremos as questões de contaminação natural e antrópica.

2.3. Contaminação Natural e Contaminação Artificial

A contaminação não é mais se não, a introdução de novas substâncias no ambiente em concentração superior, causando desvios à composição natural, sem sofrer efeitos nefastos a curto prazo.

Os solos, rios, lagos, lagoas e mares estão susceptíveis a mudanças, devido a efeitos antrópicos e não antrópicos. O homem adiciona ao ambiente novos produtos químicos exóticos como os pesticidas (DDT), TBT (tributil de Sn), radionuclídeos, CFCs e outros mais que prejudicam o ambiente.

Factor elementar, determinante para o ambiente e essencialmente para o homem, a água, por várias razões e de acordo ao meio em que se encontrar, poderá apresentar-se em boa ou em má qualidade. A água sendo um composto físico-químico, encontra-se na natureza não no estado puro, pois vários factores e elementos podem influenciar ou condicionar o seu uso e estado. A água encontra-se muitas das vezes associada a substâncias, presentes e dissolvida nela ou em suspensão, prejudicando a sua qualidade ao ser usada (Mendes & Oliveira, 2004).

Segundo Pereira (2004), nos últimos tempos os ecossistemas aquáticos têm sofrido alterações desencadeadas pela acção do homem por mau uso. A forma incorrecta de sua utilização e a degradação da sua qualidade são provocadas pelo homem por várias vias: domésticas, agrícolas e industriais.

De acordo com Joaquim (1989), o primeiro a sofrer os efeitos da contaminação da água é o homem. Não se descarta a hipótese de que a flora e fauna sejam afectadas. As descargas de detritos, vindas dos esgotos, ao serem lançadas nas linhas de água são suficientes em grande medida para causarem desequilíbrio aos organismos que lá residem. Se as plantas e os animais ficarem contaminados então o homem irá sofrer variadíssimas consequências.

Muitos rios que atravessam zonas industriais estão considerados mortos do ponto de vista biológico, porque as suas águas estão sem qualidade para o consumo, lazer, ou proliferação de vida aquática.

O excesso de nutrientes na água, os materiais orgânicos, sólidos e metais pesados concorrem para a má qualidade das águas (Reddy & Clark, 2008).

De acordo com Wong (2003), citado por Pratas *et al* (2005), a exploração mineira mal conduzida deixa resultados maléficos no ambiente, por produzir vários efluentes que contaminam o solo e a água com metais pesados. Os efeitos da contaminação incidem directamente sobre as zonas de cultivo, pastagem e de floresta, deixando-as degradadas.

Em suma, pode-se entender que o foco primordial de contaminação natural dos solos e das águas tem provindo da dissolução de rochas, do hidrotermalismo, do vulcanismo e, eventualmente, de queimadas naturalmente ateadas. É importante destacar que são variadíssimas as rochas que constituem a litosfera, como os serpentinitos (com elevado teor de Ni, Cr, Mg e Ca), os carbonatitos e as rochas carbonatadas (apresentando teores significativos de Mg e Ca) e os evaporitos (diversos sais) são apenas alguns exemplos das rochas que contribuem para a contaminação dos solos e das águas. É interessante afirmar que a contaminação se realiza por meio das rochas. As águas ao entrarem em contacto com as rochas, dissolvem-nos e tornam-se portadoras de diversos minerais em solução.

Quanto à contaminação artificial, esta certamente tem a ver com a introdução no ambiente aquático e terrestre, de substâncias químicas prejudiciais envolvendo sempre a intervenção humana. De entre os contaminantes químicos considerados impróprios sublinham-se o As, Cd, Pb, Mn, Zn, Hg, Mo, Ni, Se, V e Zn. Alguns destes têm origem em aterros, nas cinzas de carvão, nos esgotos ou efluentes domésticos, na agricultura pelo uso incorrecto de pesticidas e adubos artificiais, nas indústrias, em derrames de petrolíferas, etc.

Tucci *et al* (2003) referem que as principais fontes de contaminação da água, são os esgotos domésticos, as fossas, os aterros sanitários, as rupturas de depósitos de produtos químicos, os reservatórios de efluentes domésticos e industriais. Para além das fontes de contaminação, sublinham também os tipos de contaminantes, as de origem doméstica, agropecuária, industrial como os nitratos, amónia, pesticidas, organismos fecais, benzeno, hidrocarbonetos,

fenóis, metais, tetracloretileno, zinco, ferro, cobre, fenóis, sulfato, mercúrio e sais.

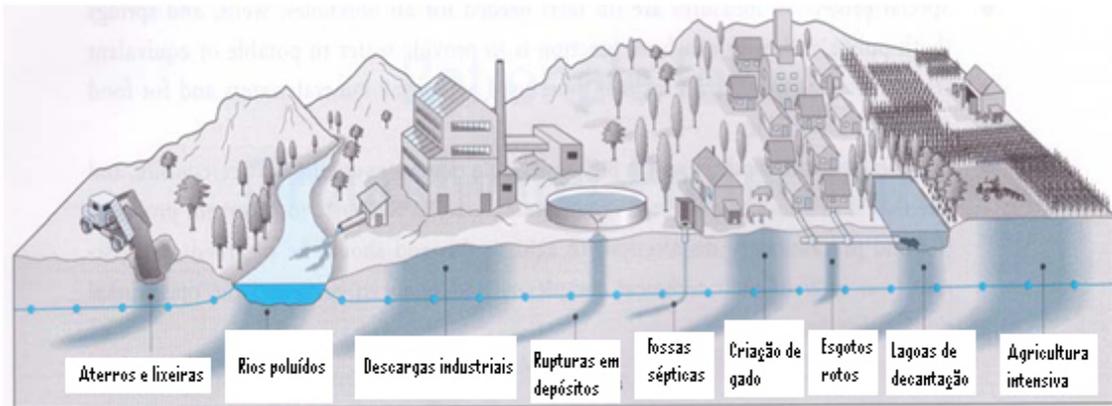


Figura 2.1- Fontes de poluição (Tucci *et al*, 2003)

No capítulo seguinte efectua-se a caracterização da área de estudo, focando aspectos como a localização, geomorfologia, geologia e hidrografia.

A sua capital é a cidade do Lubango. Nesta região podem ser encontrados diversos grupos étnicos, dentre os quais poderemos destacar: os Ovanyaneca-Nkumbi, Ovimbundu, Tchakwe, Bakongo, Fiotes, Quimbundu, Ochiwambo entre outros. É uma das localidades do País que está acima dos 1000 metros de altitude e alguns pontos ultrapassam os 2000 metros.

Os planaltos da Humpata e Bimbe são os pontos de maior referência e estão incluídos no sistema orográfico regional da Serra da Chela.

3.2. Geologia e geomorfologia

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

- 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.
- 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.

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.

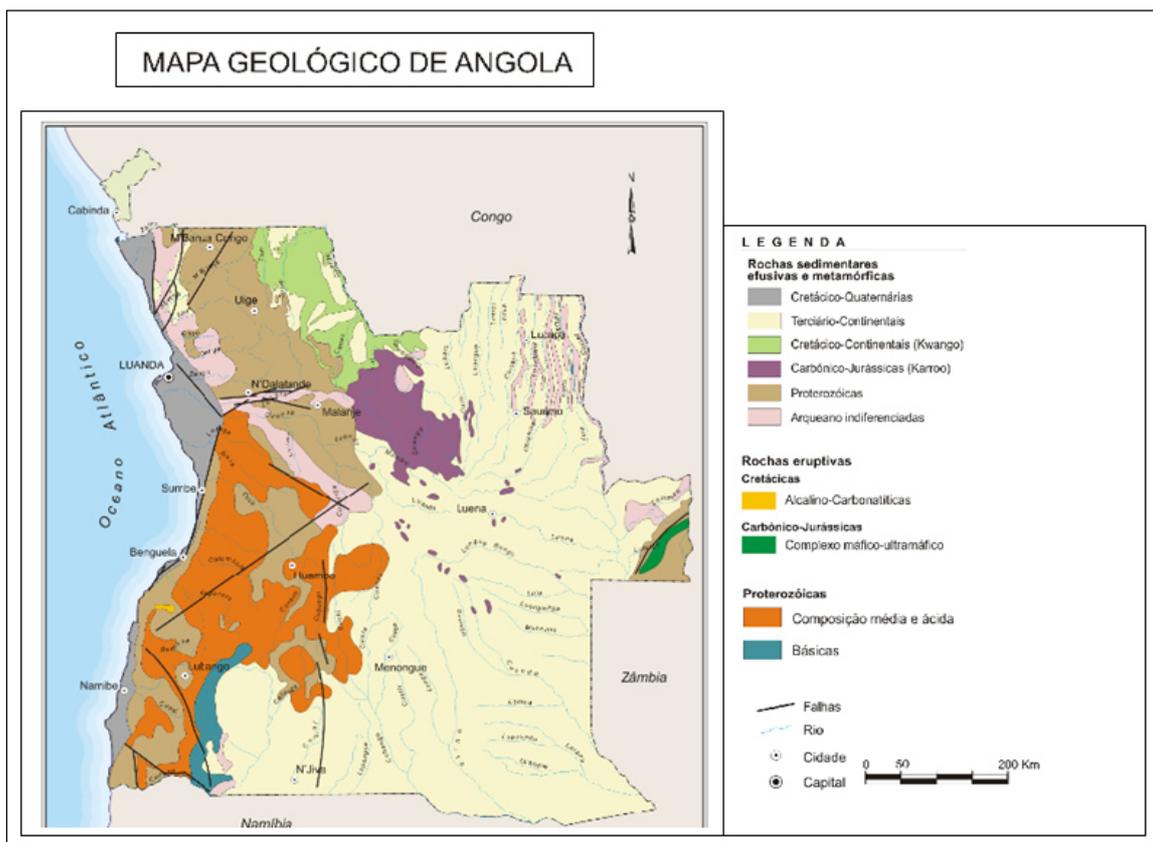


Figura 3.2. Esboço geológico genérico de Angola (Perevalov *et al.*, 1992).

As unidades geológicas que ocorrem nas “Terras Altas da Huíla” (zona agrícola 30 na divisão proposta por Castanheira Diniz, 2006, e que engloba a zona estudada), bem como os materiais litológicos que lhe correspondem são

referidos abaixo. A figura abaixo (Fig. 3.3), adaptada da Folha nro 3 da Carta Geológica de Angola na escala 1:1000000, foca os limites aproximados da zona estudada (capítulo 4).

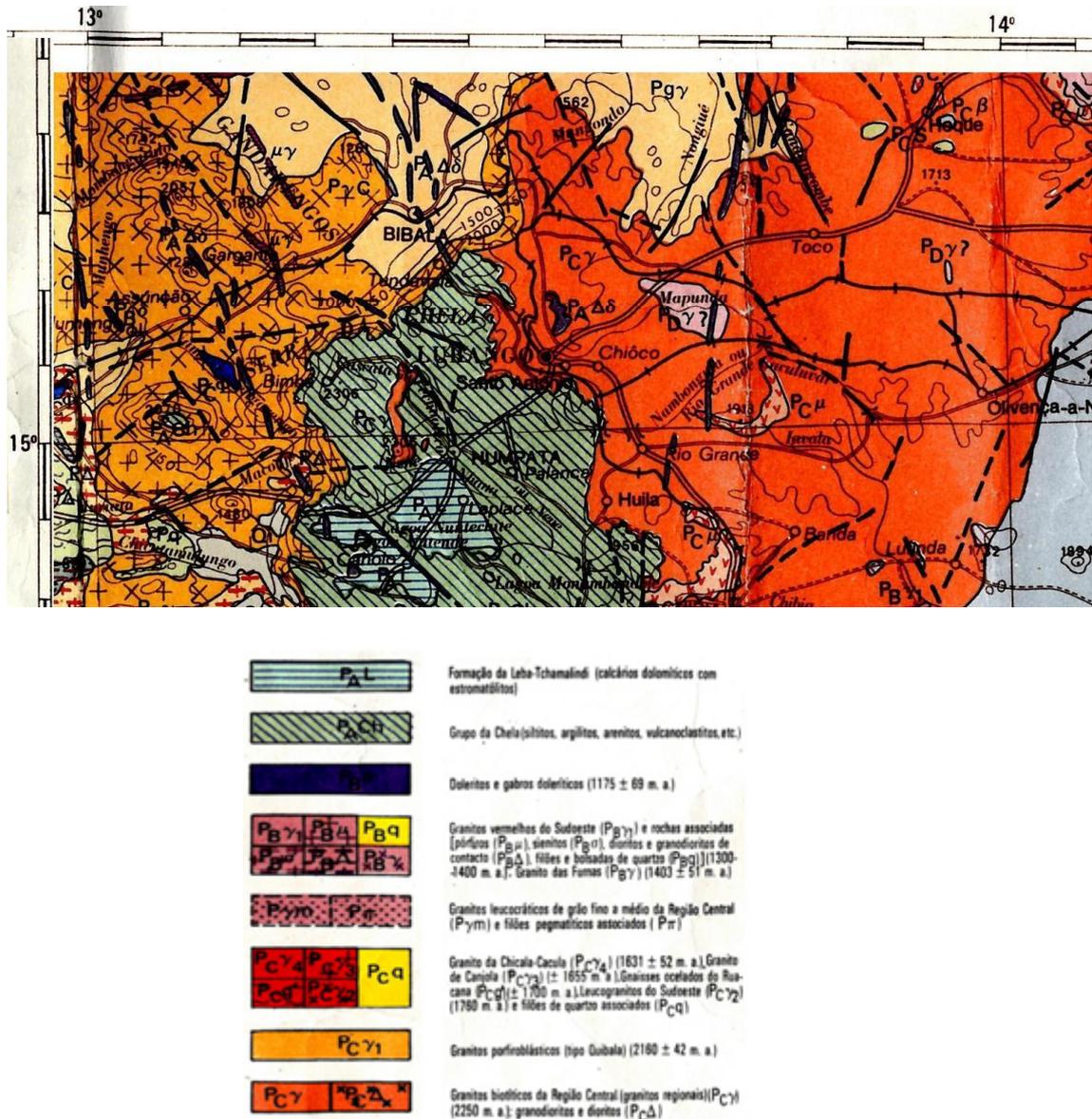


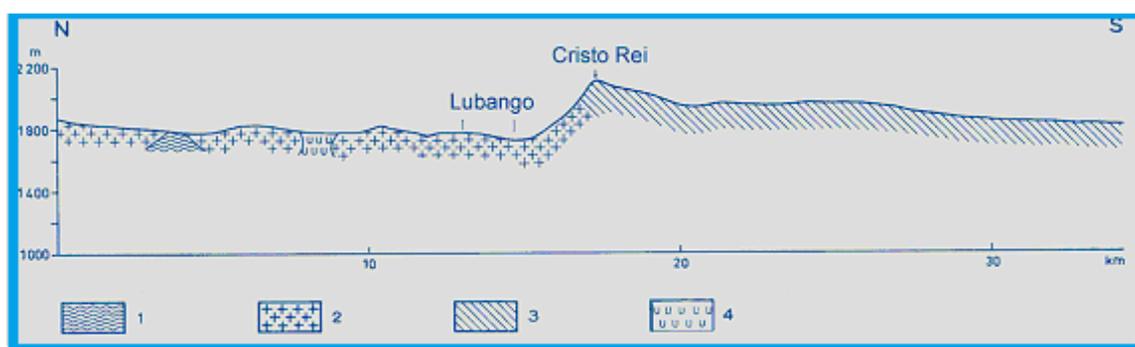
Figura 3.3. – Excerto da Folha nro 3 da Carta Geológica de Angola na escala 1:1000000 focando a zona estudada neste trabalho

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 Huíla (a Norte e a Ocidente).

A escarpa da Chela corresponde a um traçado marcante e grandioso que segundo Medeiros (1976), individualiza com precisão as superfícies IV e V (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 Huíla, 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, 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 3.4).



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

Figura 3.4 - Corte Geológico na área do Lubango com direcção N-S (PDPL, 2000).

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.

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. Esta sequência foi recentemente estudada por Pereira *et al* (2011) que apresentaram nova proposta de carta geológica para a zona do Lubango-Bibala. A sequência estratigráfica proposta e um esboço da carta geológica são apresentados nas figuras 3.5. e 3.6, respectivamente.

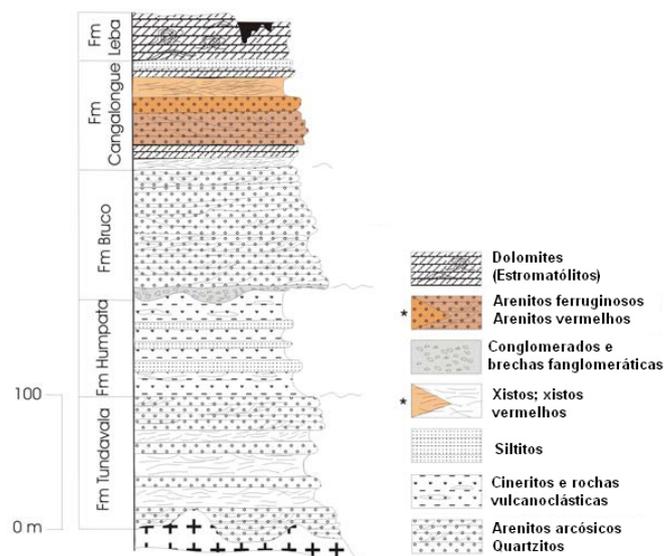


Figura 3.5 - Sequência litoestratigráfica do Grupo da Chela (Pereira *et al.*, 2011).

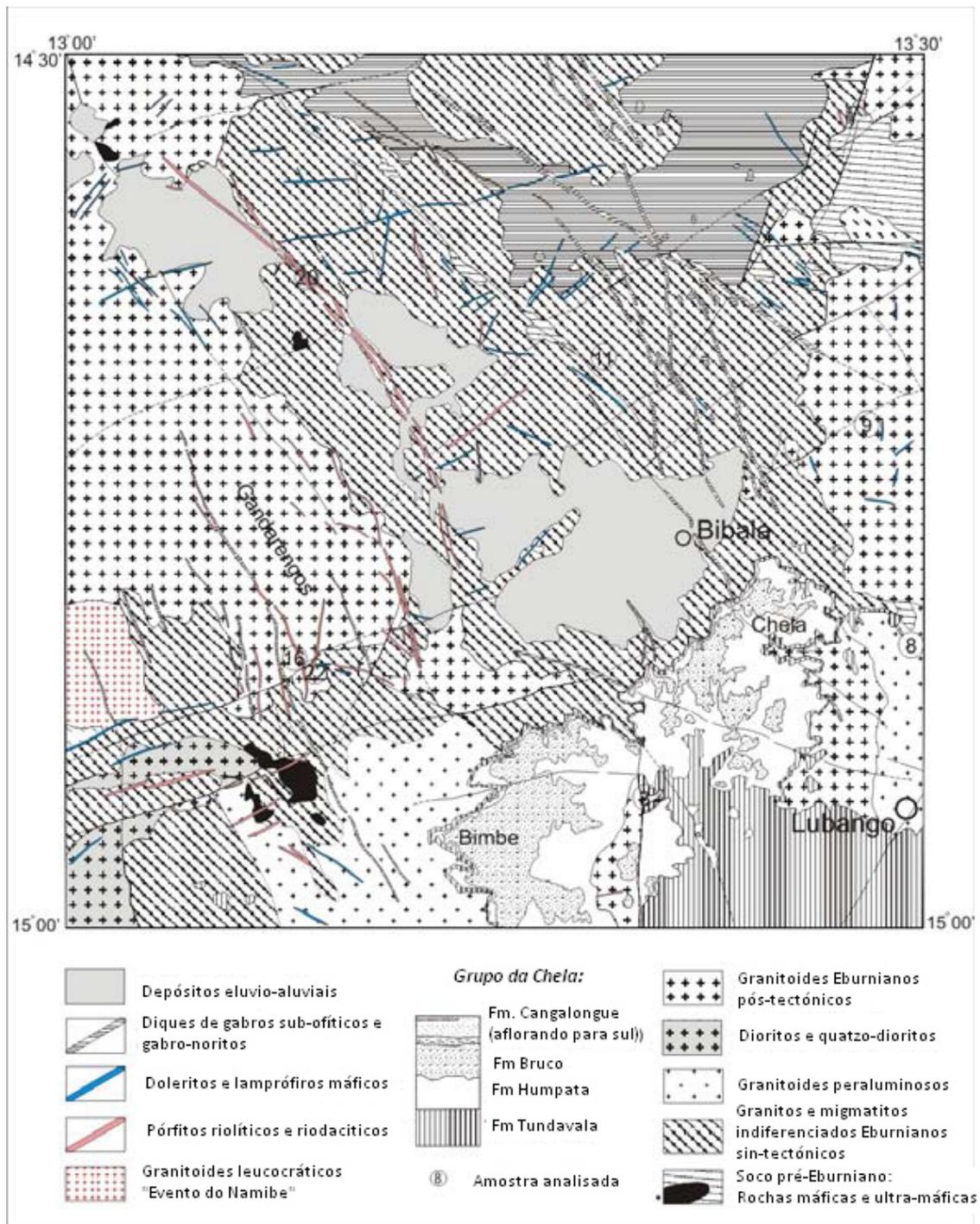


Figura 3.6. - Mapa geológico esquemático da região de Lubango-Bibala. (Pereira *et al*, 2011)

O granito do soco 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 (Correia, 1976).

3.3. Clima

Em Angola há uma grande diversidade de climas, devido a factores como a latitude, altitude, a proximidade ou afastamento em relação ao mar e à corrente fria de Benguela. Feio (1981), afirmou que o clima da região é influenciado pela latitude, pela distância em relação ao mar, assim como à corrente fria de Benguela. À medida que nos afastamos do equador as precipitações tendem a diminuir. Por influência da corrente fria de Benguela, o litoral sul começa a ressentir-se com a falta de precipitações.

Lubango, capital da província da Huíla, é parte integrante desde vasto território, oferece um clima impar. Existem duas estações bem definidas: Estação Seca e a Estação Chuvosa.

Tabela 3.1. – Temperaturas Médias no Lubango

| | Temperatura média (°C) | Média das Temperaturas Máximas (°C) | Média das Temperaturas Mínimas (°C) |
|-----------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Anual | 18 | 26 | 11 |
| Janeiro | 18 | 25 | 12 |
| Fevereiro | 18 | 25 | 12 |
| Março | 18 | 25 | 12 |
| Abril | 18 | 25 | 11 |
| Maio | 17 | 25 | 9 |
| Junho | 15 | 24 | 6 |
| Julho | 15 | 24 | 6 |
| Agosto | 18 | 26 | 10 |
| Setembro | 20 | 28 | 12 |
| Outubro | 20 | 28 | 12 |
| Novembro | 19 | 26 | 12 |
| Dezembro | 18 | 25 | 12 |

Número de anos de registo = 13 anos

(<http://www.weatherbase.com/weather/weather.php3?s=9366&units=metric>)

Diniz (2006) evidencia também duas estações: a das chuvas com uma durabilidade de seis (6) meses, que ocorre desde os meses de Outubro a Abril e a estação seca desde os meses de Maio e primeira quinzena de Agosto. Os valores médios anuais das precipitações são de aproximadamente 1200 mm para o extremo norte e para o extremo sul 750 mm com dois máximos nos meses de Novembro a Março e de Janeiro a Fevereiro. Quanto a humidade relativa, a média anual chega a atingir 50 a 60% às 9 horas, em quanto que os valores mais baixos são os da época fria a rondarem os 25 à 35% e os valores altos isto na época quente, giram em torno dos 60 à 80%.

Tabela 3.2. – Precipitação; duração do dia e humidade relativa (médias) para a cidade do Lubango

| | Precipitação Média (mm) | Duração média do dia (horas) | Humidade Relativa Média (%) |
|--------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Anual | 920 | 12,5 | 51 |
| Janeiro | 140 | 13,3 | 66 |
| Fevereiro | 150 | 12,9 | 64 |
| Março | 160 | 13 | 71 |
| Abril | 90 | 12,1 | 64 |
| Maio | | 11,8 | 48 |
| Junho | | 11,6 | 41 |
| Julho | | 11,7 | 34 |
| Agosto | | 12 | 28 |
| Setembro | | 12,4 | 32 |
| Outubro | 70 | 12,8 | 48 |
| Novembro | 110 | 13,2 | 60 |
| Dezembro | 160 | 13,4 | 61 |
| Nro de anos | 19 | 30 | 10 |

(<http://www.weatherbase.com/weather/weather.php3?s=9366&units=metric>)

No mês de Agosto pelas 9 horas a humidade relativa atinge os 29,2% e as temperaturas médias anuais são consideradas baixas (Feio, 1981). No mês de Setembro a média de temperatura para a cidade do Lubango ronda entre os 20°C.

A zona da Huíla fica envolvida entre a isotérmica dos 19°C, diminuindo gradualmente para o interior e quando progride para as regiões de maior elevação concretamente na cidade capital Lubango atinge 18,5°C.

As precipitações caem com maior frequência nos meses de Janeiro a Abril e em outros lugares começa a cair mais cedo, entre Novembro ou Dezembro. O mês de maior precipitação é o de Março. Nos meses de Dezembro à Março para o extremo sul da Huíla, a precipitação têm pouca durabilidade, enquanto nos meses de Novembro à Março prolongam-se para norte. As suas máximas registam-se nos meses de Janeiro, Fevereiro, Março e uma pequena estiagem assola o nordeste nos meses de Dezembro e Janeiro.

De acordo com a classificação de Thornthwaite, o clima da região é mesotérmico, sub-húmido húmido, não incluindo toda a parte norte, sub-húmido seco (C2) atingindo uma pequena parcela sul e ainda há uma parte limite no extremo sudeste e sul onde o clima é semiárido (D) (Diniz, 2006).

Para Feio (1981), destacam-se três tipos de clima para a região em causa: o tropical de altitude com estação seca, CW na classificação de Koppen, o clima de deserto BW e o clima semiárido ou de estepe BS. Sublinha-se uma pequena faixa que apresenta um clima AW e alonga-se até a zona da Bibala.

O clima tem uma estrita relação com a hidrografia é por esta razão que passaremos a espelhar dela no ponto a seguir.

3.4. Hidrografia

A disposição do relevo, a acção da gravidade e a localização geográfica, influenciam de certo modo nas características dos rios angolanos. Visto que, os rios correm das zonas planálticas e de montanhas marginas para as regiões mais baixas.

A província da Huíla encontra-se na designada de zona marginal de montanha, constituídas por bacias hidrográficas importantes.

A região da Huíla é rica em recursos hídricos, é beneficiada pelo rio Cunene, que nasce na província do Huambo. Apresenta um caudal muito irregular, por passar em localidades ou zonas de climas diferentes.

O planalto da Huíla é dominado por duas bacias hidrográficas a saber: a do Cunene e a doo Calonga. Este passa claramente entre o extremo norte e nordeste (Diniz 2006). Os de grande interesse para o nosso estudo são o Caculuvar, Nambabi, Mucufi, Capitão, Sondjo e, inclusa nesta rede, o lago Muwavela conhecido desta forma pelos nativos.

No período de precipitações, e especialmente nas alturas de maior intensidade, os rios secundários registam cheias: Antigamente faziam-se drenagens para se amenizar as enchentes e os estragos que se faziam sentir quando ocorressem cheias.

De acordo com Diniz (2005), em época de precipitação os caudais dos rios Caculuvar, Cunene apresentam-se altos, descrevendo a região, definido largos vales e atravessando um relevo com ondulações suaves, que em média atingem os 1150 a 1250 metros.

A confluência de vários rios na bacia do Caculuvar permite descrever o surgimento de vales pouco profundos. O rio Mapunda tem a sua origem na nascente da Tundavala, definido por apresentar uma direcção relativamente permanente. Escoa para todo o extremo norte da cidade do Lubango e ainda toma o sentido Oeste a Este, convergindo com o rio Mucufi. Rio que escoa uma pequena área em relação ao rio Mapunda, de regime semi-permanente, nasce no planalto da Humpata, passa pelo extremo sul da cidade e converge com rio Mapunda (de acordo o PDPL, 2000).

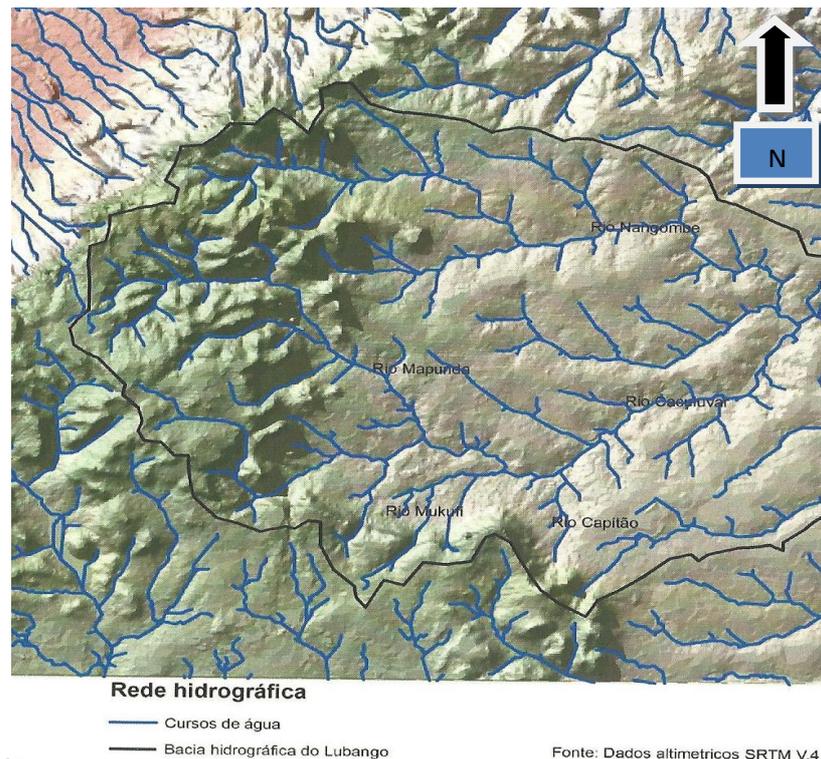


Figura 3.6- Rede hidrográfica do Lubango, capital da Huíla (Firmino, 2011).

De acordo com Machado (1959), no extremo sul nas proximidades do paralelo 15°S, encontra-se o planalto da Humpata, considerado manancial que fornece água a vários rios nomeadamente ao Caculuar.

O Caculuar e os seus afluentes destacam-se por serem considerados parceiros indispensáveis das populações. Atraem as populações pois para além de serem úteis para a irrigação dos terrenos e para o seu consumo, fornecem também água aos animais que usufruem deste bem por servirem de bebedouros naturais.

A maior parte da população, para satisfazer suas necessidades alimentícias, via-se na obrigação de ocupar as margens do rio Caculuar e dos seus afluentes para a prática da agricultura de subsistência e para o uso doméstico. Diniz (2006), destaca que a ocupação do rio Caculuar e dos seus afluentes desde épocas remotas teve como fim a exploração agrícola exercida por um grupo de famílias.

Ao nos referimos da hidrografia da envolvente da cidade do Lubango, é imperioso destacarmos no ponto a seguir os solos.

3.5. Solos

Por definição o solo é o suporte, a base, o espaço e o local onde se desenvolve variada gama de actividades ou em alternativa é o conjunto de matérias desintegradas de forma orgânica, minerais não consistentes, produzidos pela acção sincrónica do vento, da água e do processo de desintegração química e orgânica. O solo é resultado da acção e intercâmbio entre o clima, a hidrologia, a rocha mãe, a vegetação e a intervenção dos seres vivos.

Segundo Giesecking (1975), citado por Sertoli (2009), participam na formação do solo, os factores físicos, químicos, biológicos que interagem actuando directamente na rocha-mãe degradando-a até à sua formação.

Para Sertoli (2009), os solos ferralsos e arenosolos são os que, de forma geral, sobressaem mais no interior de Angola. Destaca para o país os seguintes solos: solos fracamente ferrálicos, solos tipoferrálicos, solos tipoparaferrálicos, solos psamoferrálicos, solosfersiálicos, solos eutroparaferrálicos, psamorregosolos e solos oxipsâmicos.

Lubango a cidade capital é constituída por vários tipos de solos, na sua maior parte aptos para realização da actividade agrícola. De acordo Diniz (2006), os solos que predominam na cidade do Lubango e Humpata são solos fracamente ferrálicos amarelos pardos, vermelhos pouco evoluídos, litossolos, terrenos rochosos e afloramentos rochosos. Estão disponíveis no Hoque solos fracamente ferrálicos, amarelos e pardos, fracamente ferrálicos vermelhos. Na Huíla sobressaem solos oxipsâmicos pardacentos, solos fracamente ferrálicos amarelos pardos. No trecho central da bacia do Caculuar o maior domínio é dado aos solos ferralíticos amarelos e pardos.

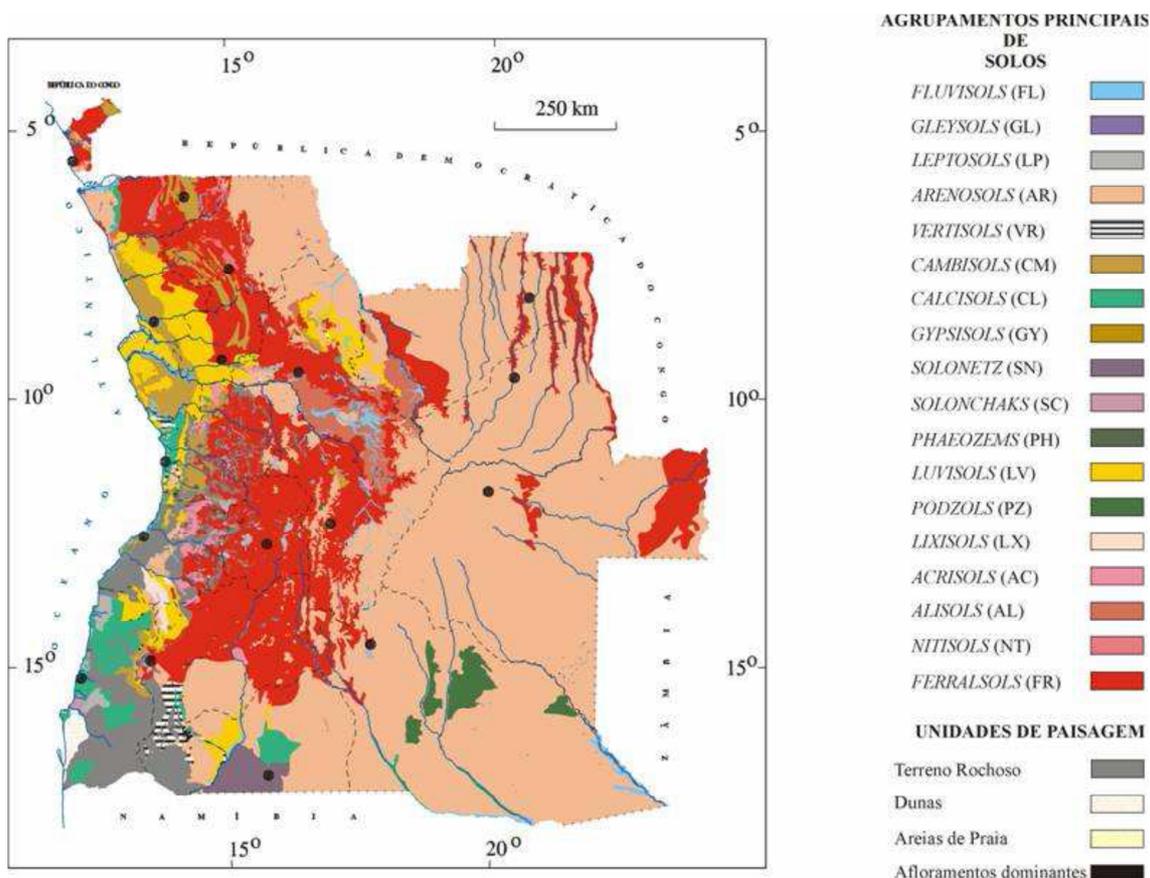


Figura 3.7 - Carta Generalizada dos Solos de Angola (in Sertoli, 2009)

3.6. Vegetação

O clima, a hidrologia, a geologia são os factores determinantes para a definição da vegetação. A precipitação tem variado e a tendência é de escassear-se a medida que estende para o sul. Por este motivo, as formações vegetais começam a apresentar variações.

A vegetação predominante na zona é variada e disposta de acordo a influência do clima e do solo. Das espécies presentes destacam-se a floresta (*Brachystegia*, *Julbernadia*), mata densa (Xerofítico) baledos, formação depseu-estepe vegetação constituída por estratos herbosos muito raros com maior predomínio a *Loudetia simplex*. Ao longo do Caculuar e na sua jusante predomina a formação *Digitata*.

A vegetação dominante na cidade do Lubango, na Mapunda, na Humapata e a localidade do Hoque são os miombos, savanas e ongoite. A Tundavala é

formada por prados de altitude ou anharas do alto. Para a comuna da Huíla temos bosque seco, mosaico de savana e estepe (Feio,1981).

Para Diniz (2006), Lubango capital da província da Huíla, é representada por vegetação de floresta aberta, formada concretamente por *Brachystegia* e *Julbernardia*. No extremo sul da cidade está disposta por floresta aberta ou savana de bosque (*Brachystegia*), mato denso seco, com *Combertum*, *Pteleopsis*, acácia, estepes com arbustos e subarbustos. A Humpata é representada por floresta aberta (*Brachystegia* e *Julbernardia*). De certa forma para a comuna do Hoque, a floresta aberta lhe caracteriza. Para a comuna da Huíla a vegetação é formada também por florestas abertas, savana de bosque (*Brachystegia*), mato denso seco (*Combertum*, *Pteleopsis* e acácia).

4 - Materiais e Métodos

O trabalho foi desenvolvido em 16 pontos, localizados em rios da envolvente da cidade do Lubango (Angola).

A lista de materiais usados nos trabalhos de campo era bastante simples e incluía: GPS para a determinação de coordenadas, sacos de plástico para o transporte individualizado das amostras, caneta de tinta indelével para marcação dos sacos e, naturalmente, material de escrita.

Completavam este cenário as plantas propriamente ditas, estas mais erráticas pois tínhamos de nos sujeitar às que existissem em cada local de amostragem seleccionado.

Foram extraídas das linhas de água sessenta e quatro (64) amostras que levaram para sua recolha cerca de um (1) mês. Acolheita foi realizada entre os dias 5 de Maio a 7 de Junho de 2012. As plantas, passíveis de serem recolhidas em cada ponto, foram seleccionadas, colhidas, depois catalogadas e enviadas para serem analisadas, no laboratório de Biogeoquímica do Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra.

4.1. Caracterização da Vegetação Utilizada

As espécies encontradas na área de estudo foram *Persicaria pulchra*, *Myscanthus junceus*, *Echinochloa stagnina*, *Juncus oxycarpus*, *Cyperus sp.*, *Pennisetum macrourum* e *Nymphoides indica*. Optamos por seleccionar estas espécies, porque se encontravam com características boas, fáceis de serem colhidas, fáceis de serem transportadas, com quantidade de biomassa suficiente para as análises e cuja identificação fosse relativamente fácil a partir das fotografias efectuadas no terreno. As figuras seguintes (figura 4.1 a 4.7) ilustram algumas amostras das espécies seleccionadas em alguns dos locais onde foram recolhidas.



Figura 4.1 - *Myscanthus junceus*



Figura 4.2 - *Echinochloa stagnina*



Figura 4.3 - *Juncus oxycarpus*



Figura 4.4 - *Cyperus sp.*



Figura 4.5 - *Pennisetum macrourum*



Figura 4.6 - *Nymphoides indica*

A espécie *Persicaria pulchra* foi a que apareceu de forma mais regular e em boas quantidades e é esta a que constitui a base da análise de resultados e discussão. O caule é erecto, as folhas têm o formato oval, está presente em terrenos pantanosos, húmidos, em águas pouco profundas e em rios. Seleccionámos geralmente exemplares com bom aspecto fisiológico como se mostra na figura seguinte (4.7).



Figura nº 4.7 – *Persicaria pulchra*.

4.2. Locais de Amostragem

As coordenadas dos locais de amostragem são apresentadas na tabela 4.1.

Para além da tabela, recorreremos a imagem do *Google Earth*® para a identificação visual dos locais de onde foram extraídas as plantas (figura 4.8). Esses locais são ilustrados mais adiante.

Tabela nº 4.1- Locais de Amostragem

| Locais | Coordenadas Geográficas (Latitude e Longitude) | Plantas amostradas (Número de amostras por ponto) |
|--------|---|--|
| 1 | 14°55,143´S; 13°30,074´E | <i>Panicum pulchrum</i> (4) |
| 2 | 14°55,413´S; 13°31,859´E | <i>Panicum pulchrum</i> (4) |
| 3 | 14°53,634´S; 13°30,936´E | <i>Panicum pulchrum</i> (4) |
| 4 | 14°54,614´S; 13°30,347´E | <i>Panicum pulchrum</i> (4) |
| 5 | 14°58,952´S; 13°50,713´E | <i>Miscanthus junceus</i> (3); <i>Pennisetum macrourum</i> (1) |
| 6 | 14°52,026´S; 13°27,137´E | <i>Echinochloa stagnina</i> (3); <i>Juncus oxycarpus</i> (1) |
| 7 | 15°03,436´S; 13°32,365´E | <i>Cyperus</i> spp. (1); <i>Juncus oxycarpus</i> (1); <i>Pennisetum macrourum</i> (2) |
| 8 | 15°50,529´S; 13°24,350´E | <i>Echinochloa stagnina</i> (4) |
| 9 | 15°54,967´S; 13°27,166´E | <i>Panicum pulchrum</i> (4) |
| 10 | 14°55,081´S; 13°31,799´E | <i>Panicum pulchrum</i> (4) |
| 11 | 14°51,136´S; 13°36,002´E | <i>Cyperus</i> spp. (3); <i>Panicum pulchrum</i> (1) |
| 12 | 14°40,168´S; 13°53,745´E | <i>Panicum pulchrum</i> (4) |
| 13 | 15°02,363´S; 13°12,093´E | <i>Panicum pulchrum</i> (4) |
| 14 | 14°51,307´S; 13°40,658´E | <i>Nymphoides indica</i> (2); <i>Panicum pulchrum</i> (2) |
| 15 | 14°51,791´S; 13°44,599´E | <i>Panicum pulchrum</i> (4) |
| 16 | 14°56,339´S; 13°27,961´E | <i>Cyperus</i> spp. (1); <i>Miscanthus junceus</i> (2); <i>Panicum pulchrum</i> (1) |



Figura 4.8 – Localização dos pontos de amostragem (o aeroporto do Lubango encontra-se referenciado para melhor percepção da localização dos pontos)

DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM

Far-se-á a descrição dos dezasseis (16) pontos de amostragem, relativamente as suas particularidades, em termos de localização, coordenadas geográficas,

O ponto 1 (um) tem coordenadas $14^{\circ}55,143' S$ e $13^{\circ}30,074' E$ localizando-se no rio Mukufi em pleno centro da cidade do Lubango.



Figura 4. 9 - Enquadramento do ponto nro 1 (rio Mukufi)

Seleccionou-se a espécie *Persicaria pulchra* para este ponto, por se encontrar em grande número no local. Nesta zona encontramos também outras espécies ao longo da margem como diversas gramíneas entre as quais o capim elefante.

Ao longo da margem são notáveis construções desordenadas de moradias, que apresentam grandes debilidades, como a falta de saneamento, o desordenamento urbanístico, falta de infraestruturas de serviços e de apoio ao cidadão. Os solos estão ocupados por casas de baixa renda, sem qualquer tipo de estrutura arquitectónica e urbanística.

Podemos constatar que a linha de água do Mukufi é um espaço utilizado como depósito de toda ordem de resíduos e efluentes domésticos, etc. Toda esta situação repercute-se na qualidade da água. Os populares residentes ao longo da margem fazem uso da mesma para uso doméstico variado.

As águas do rio Mukufi não oferecem condições para o seu uso devido às várias razões anteriormente apontadas. Visualmente o seu aspecto da água

apresenta-se turvo, com muitos resíduos, manchas de óleo procedentes de oficinas, estações de serviços e com cheiro.

O governo municipal viu-se na obrigação de realizar campanhas de demolições ao longo da linha, para dar controlar os problemas decorrentes de construções desordenadas, da deposição do lixo, do risco de desabamento das moradias e do risco de inundações. Os populares para além do risco de ombrearem com a contaminação e poluição das águas, corriam o risco de serem flagelados com inundações.

Nesta zona afloram essencialmente os granitos biotíticos da região Central (± 2250 Ma).

Ponto 2 (dois), de coordenadas $14^{\circ}55,413'S$ e $13^{\circ}31,859'E$, localiza-se no rio Capitão, na zona do bairro Tchioco.

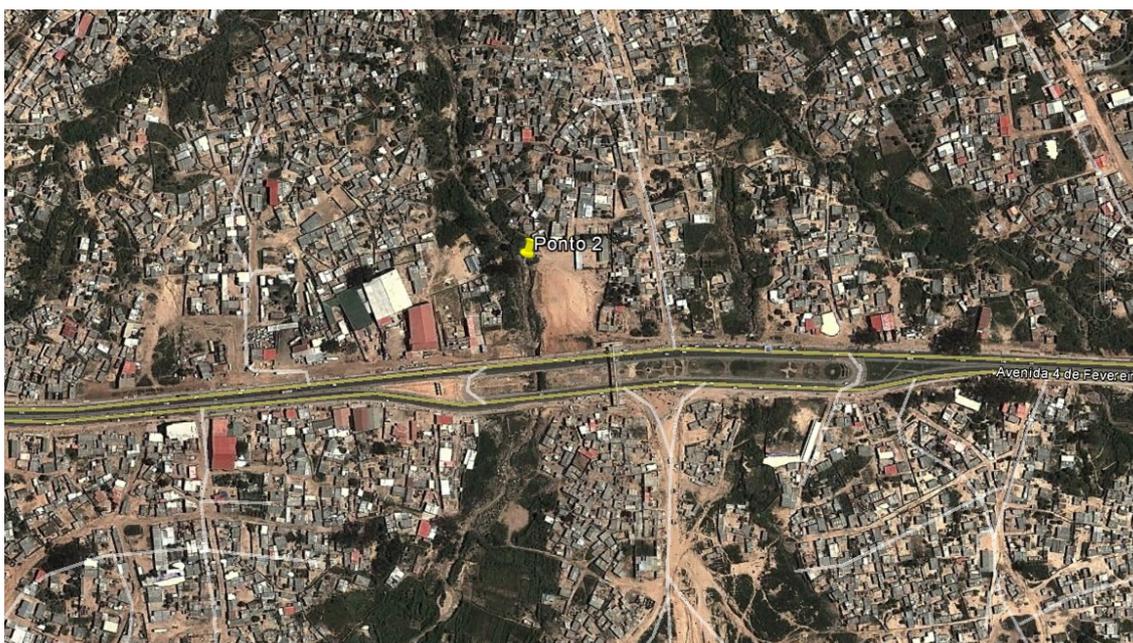


Figura 4. 10 - Enquadramento do ponto nro 2 (rio Capitão)

O rio Capitão é um afluente do rio Caculuar, nasce num ponto da zona mais elevada da cidade do Lubango. Para conseguir atingir a jusante tem que competir com vários obstáculos: construções desordenadas, deposição de lixos, sucatas de automóveis e outros. Este rio atravessa a estrada que anteriormente dava acesso ao mercado informal do bairro Tchioco, situado próximo da área de recolha da espécie *Persicaria pulchra*.

A linha de água ressent-se com a falta de saneamento por via dos resíduos sólidos, de efluentes vindos de oficinas e das residências. É um espaço onde se verifica uma grande mobilidade, circulação por parte da população e de viaturas. Ao longo da margem, existem espaços usados como estação de serviço, onde se efectua a lavagem de viaturas e troca de todo tipo de lubrificantes resultando no derrame de fluidos indesejáveis para a linha de água.

A água do rio não oferece condições para ser usada, pois tem cheiro, apresenta-se turva e com grande quantidade de resíduos sólidos. Apesar disso a população aproveita a água para usos domésticos, para irrigar as hortas e para a confecção de adobes.

Junto à margem da linha de água, tanto na margem direita como na esquerda, existem construções de casas desajustadas, sem nenhum tipo de saneamento.

Nesta zona afloram essencialmente os granitos biotíticos da região Central (± 2250 Ma).

Na área encontramos solos ocupados com residências e pequenas parcelas para o cultivo.

O ponto 3 (três) situa-se na localidade do Nambambe e tem coordenadas $14^{\circ}53,634'S$ e $13^{\circ}30,936'E$ no rio com a mesma designação.



Figura 4. 11 - Enquadramento do ponto nro 3 (rio Nambambe)

A espécie seleccionada e recolhida foi *Persicaria pulchra*, extraída do rio Nambambe. Este rio atravessa zonas habitadas, onde as construções não são ordenadas e falta saneamento. Registam-se explorações anárquicas de inertes por parte dos populares ao longo da margem e da linha de água para a confecção de blocos, faltando controlo por parte dos governantes e especialistas. A água do rio apresenta-se turva, com uma quantidade apreciável de resíduos mas, mesmo apresentando-se assim, os populares utilizam a água na sua lide doméstica, para irrigar as hortas, etc.

O aparecimento de oficinas para a reparação de viaturas, motociclos, geradores, implantação de diversos armazéns tem contribuído para o aumento de materiais sólidos e lubrificantes na água.

Nesta zona afloram essencialmente os granitos biotíticos da região Central (± 2250 Ma). Os solos estão ocupados por casas que carecem de um arranjo urbanístico, estão ocupados por armazéns, onde sobrevivem pequenos espaços de cultivo e pomares.

O ponto 4 (quatro) tem por coordenadas $14^{\circ}54,614'S$ e $13^{\circ}30,347'E$, e fica na linha de água do rio Caculuar, onde se seleccionou a espécie *Persicaria*

pulchra. O local tem servido de depósito a toda a espécie de resíduos sólidos bem como descarga de efluentes domésticos.

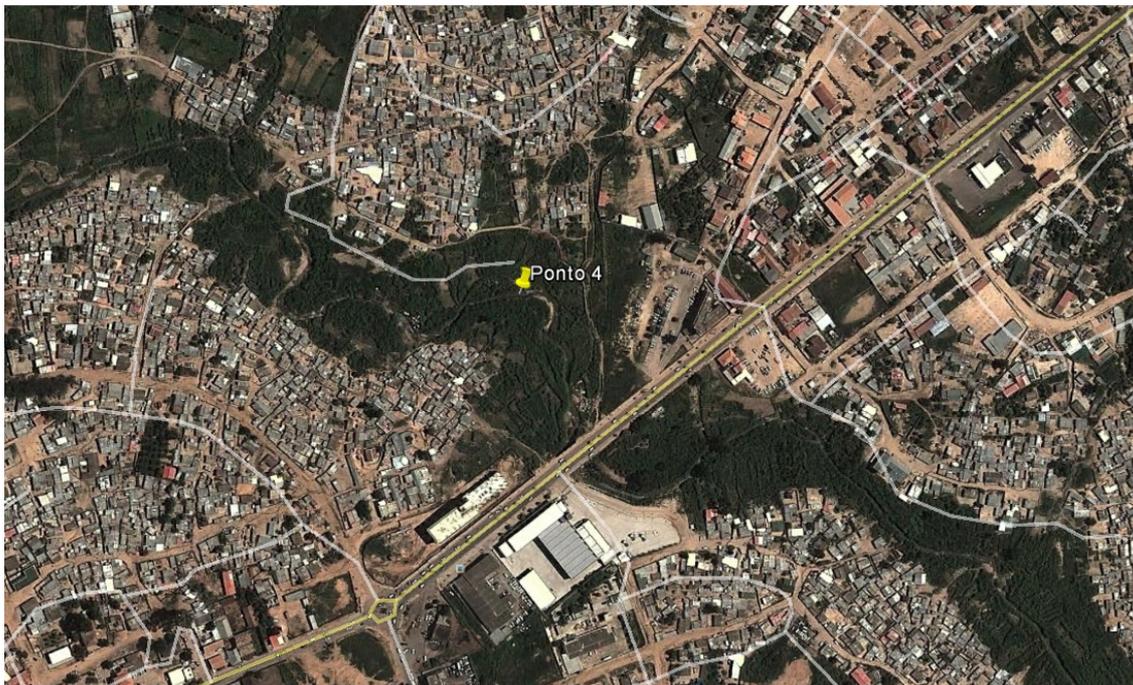


Figura 4. 12 - Enquadramento do ponto nro 4 (rio Caculuvar)

A zona em termos urbanísticos deixa muito a desejar, principalmente para as áreas periféricas, com demasiadas casas sem qualquer arranjo urbanístico, com falta de locais de deposição, recolha de resíduos sólidos, falta de esgotos para escoar os fluidos para posterior tratamento e ausência de saneamento básico.

A água do rio tem um cheiro desagradável, apresentando uma coloração esverdeada, turva e está carregada com enorme quantidade de resíduos sólidos. A água do rio é utilizada pelos residentes para as suas actividades domésticas, para regar as culturas e é aproveitada na época de inverno para o fabrico de adobes.

Nesta zona afloram essencialmente os granitos biotíticos da região Central (± 2250 Ma).

Fazem-se ao longo da margem do rio pequenos cultivos e por falta de água canalizada os populares recorrem à água do rio. Para além do cultivo, os solos

estão ocupados com residências sem respeitar parâmetros urbanísticos e arquitectónicos.

No ponto 5 (cinco) tem por coordenadas $14^{\circ}54,674'S$ e $13^{\circ}30,379'E$, tratando-se da linha de água do Caculuvar, para quem se dirige à localidade do Tchicongo. Seleccionaram-se na zona as espécies *Myscanthus junceus* e *Pennisetum macrourum*.

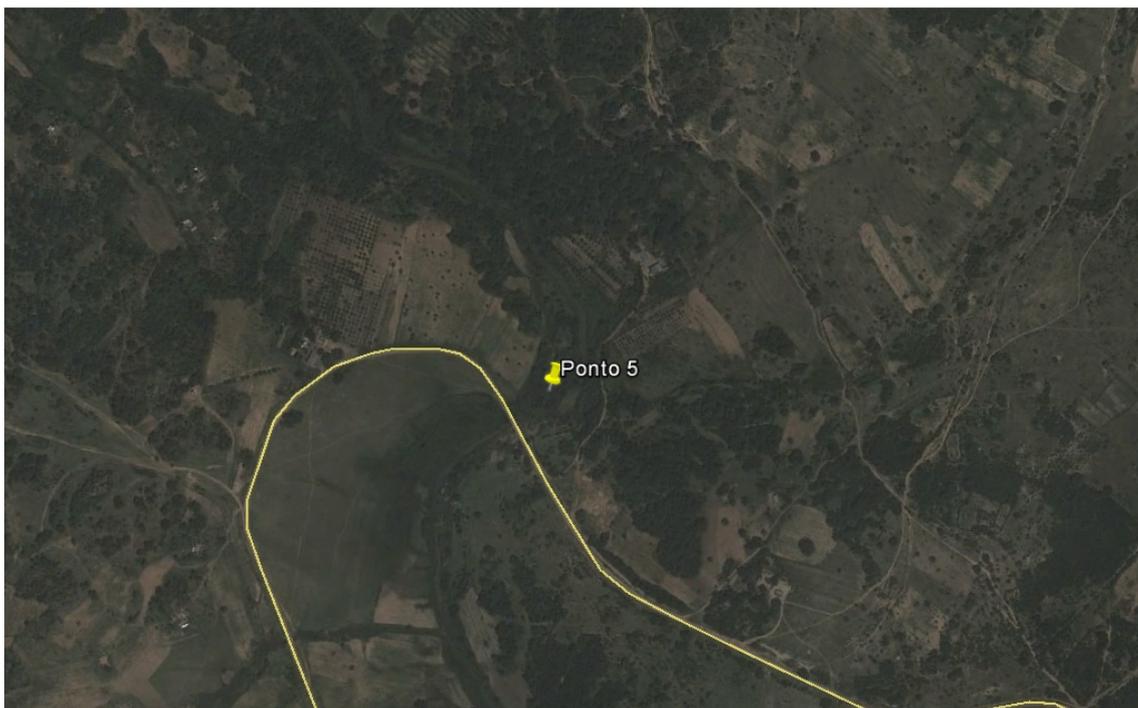


Figura 4. 13 - Enquadramento do ponto nro 5 (rio Caculuvar)

É uma zona onde na sua maioria os solos estão ocupados para uso agrícola. As suas águas são límpidas e transparentes, e são inodoras. Os populares usufruem da mesma, para o uso doméstico (lavar a roupa e banho) e outras actividades. Nesta zona afloram essencialmente os granitos biotíticos da região Central (± 2250 Ma) embora existam nas proximidades intrusões de noritos e doleritos.

O ponto 6 (seis) é atravessado pelo paralelo $S14^{\circ}52,026'$ e o meridiano $E13^{\circ}27,137'$, por onde passa o afluente do rio Mapunda. As espécies colhidas foram *Echinochloa stagnina* e *Juncus oxycarpus*. A população faz o uso das águas para variados fins, apresentando-se transparente, inodora e com poucos indícios visuais de resíduos.

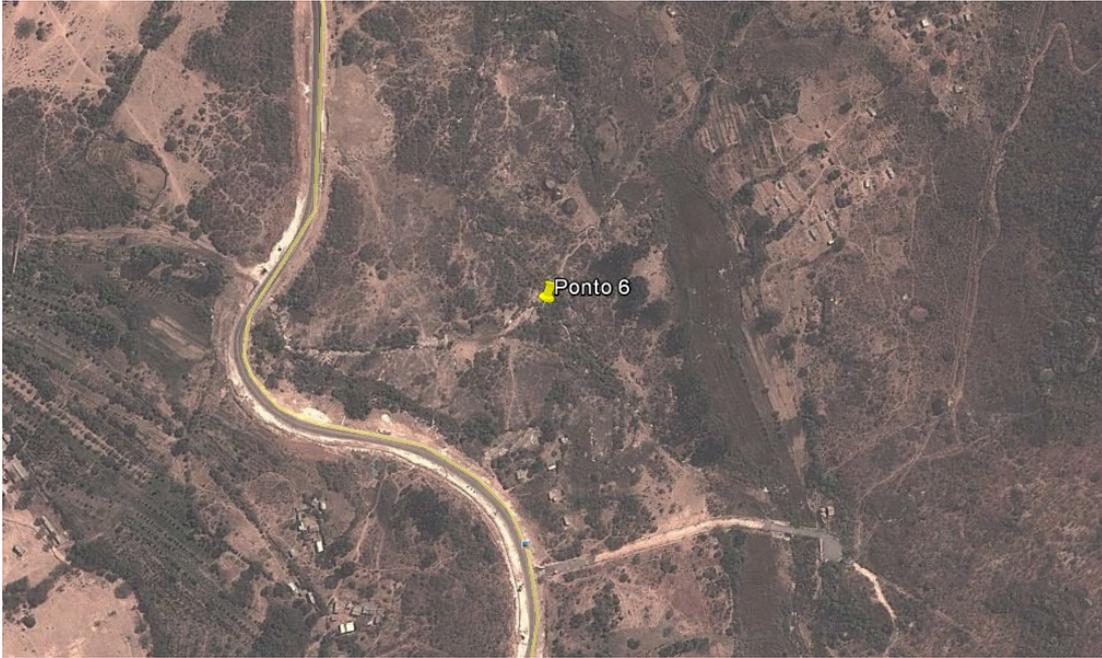


Figura 4. 14 - Enquadramento do ponto nro 6 (rio Mapunda)

Nesta zona afloram essencialmente os granitos biotíticos da região Central (± 2250 Ma).

O ponto 7 (sete), situa-se entre os $S15^{\circ}03,436'$ e os $E13^{\circ}32,365'$, faz parte do rio Cascata, na localidade da Comuna da Huíla, procedeu-se a selecção do *Cyperus spp.*, *Juncus oxycarpus* e a *Pennisetum macrourum*. O local, por ser um espaço turístico, tem recebido muitos visitantes para o lazer.



Figura 4. 15 - Enquadramento do ponto nro 7 (rio Cascata)

A comunidade que reside próximo faz o aproveitamento das águas para a irrigação e uso doméstico. As águas são transparentes, mas ao longo da sua margem existe resíduos sólidos que contribuem para má qualidade da água. A ocupação do solo é feita através de pequenas culturas e construções habitacionais.

Nesta zona afloram essencialmente os granitos biotíticos da região Central (± 2250 Ma) embora existam nas proximidades pórfiros granitoides e rochas vulcânicas.

O ponto 8 (8) faz parte do rio Tundavala, e tem coordenadas $14^{\circ}50,529'S$ e $13^{\circ}24,350'$; colheu-se uma única espécie, *Echinochloa stagnina*, neste ponto.

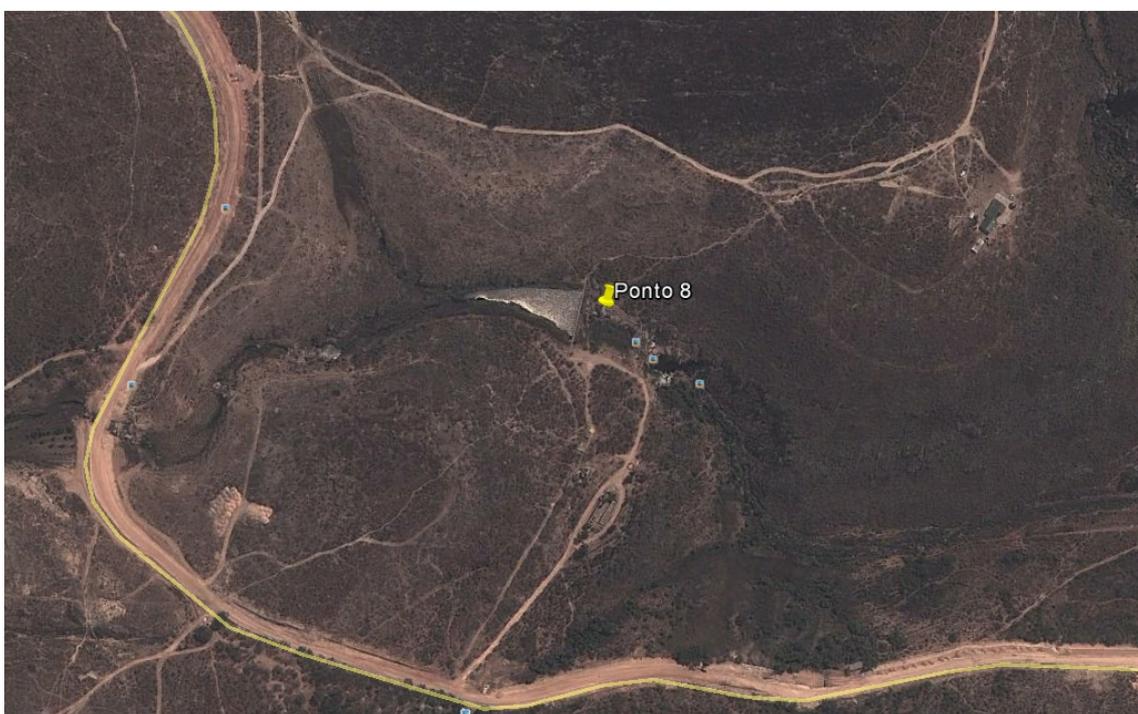


Figura 4. 16 - Enquadramento do ponto nro 8 (rio Tundavala)

No ponto propriamente dito afloram granitos mas as águas a montante passam pelas formações da Humpata e Tundavala (siltitos, cineritos e rochas vulcânicas, arcoses e quartzitos).

Quanto à ocupação dos solos notam-se as produções agrícolas e muito poucos aglomerados populacionais. As águas caracterizam-se como sendo limpas, transparentes, inodoras e com bom aspecto.

O ponto 9 (nove) de coordenadas S14°54,967' e E13°27,166', é o local onde passa um dos afluentes do rio Mapunda.

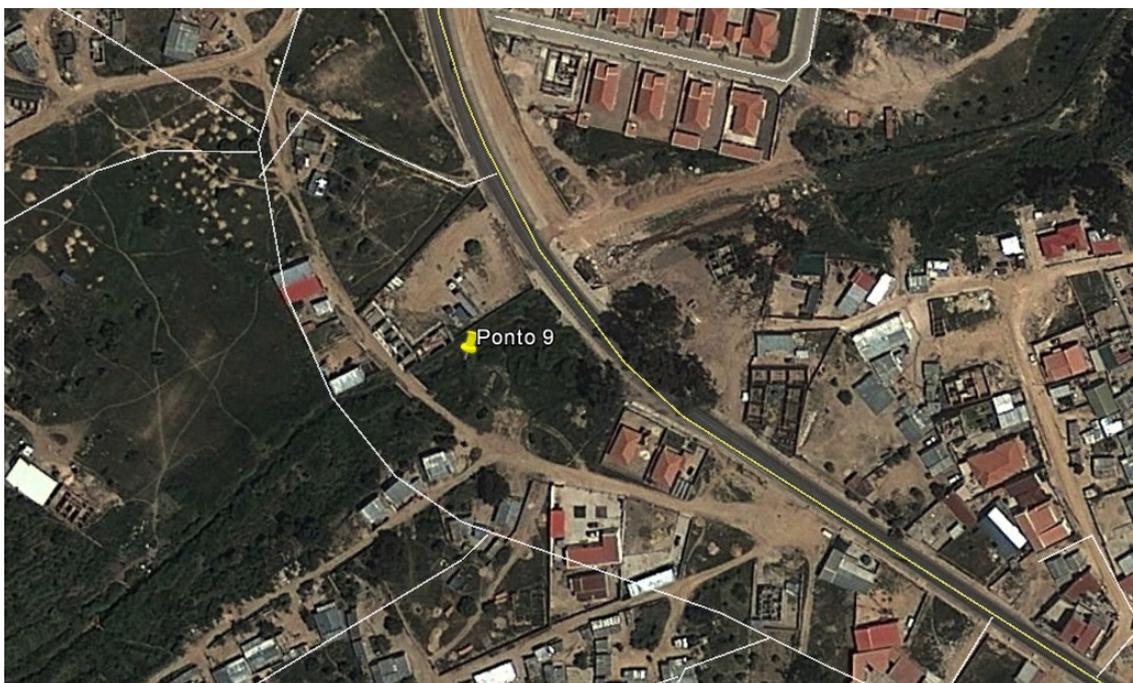


Figura 4. 17 - Enquadramento do ponto nro 9 (afluente do rio Mapunda)

A espécie *Persicaria pulchra*, foi seleccionada, colhida no local, enviada e analisada no laboratório de Biogeoquímica, departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra.

Ao longo da margem da linha de água, é notório grande número de edificações, sem apresentar uma estrutura urbanística condigna. Este local faz parte da estrada que se dirige para a fábrica de cerveja da Ngola. Na margem direita da linha de água encontra-se um condomínio bem ordenado, enquanto na margem esquerda nos deparamos com um grande número de casas fora do padrão urbanístico. As águas apresentam-se aparentemente transparentes, mas ao longo do leito deparamo-nos com vários resíduos. A população usa a água para as suas actividades domésticas e para lavar roupas e veículos.

Nesta zona afloram essencialmente os granitos biotíticos da região Central (± 2250 Ma), embora existam filões mineralizados nas imediações.

A ocupação do solo da zona é feita por pequenas construções desordenadas e algumas parcelas de terreno são usadas para o cultivo.

O ponto 10 (dez), pertence a um dos troços do rio Caculuvar ficando na chamada zona dos Barracões. As coordenadas geográficas do ponto são: S14°55,081´, E13°31,799´. Neste local foi colhida *Persicaria pulchra*.

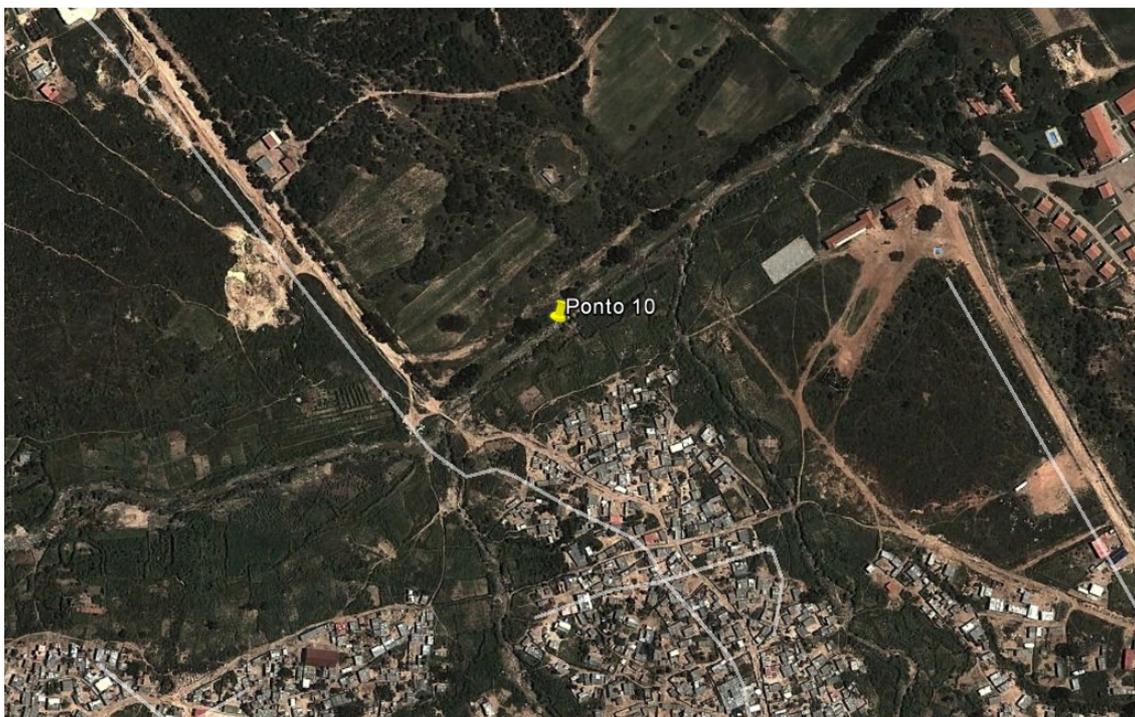


Figura 4. 18 - Enquadramento do ponto nro 10 (rio Caculuvar)

Existem várias espécies vegetais como gramíneas (p.e. capim elefante) e pequenas espécies arbustivas.

Ao longo da sua margem observa-se apenas a ocupação dos solos com pequenas parcelas de cultivo e edificações que não cumprem qualquer parâmetro urbanístico. São visíveis ao longo da linha de água grandes volumes de resíduos sólidos oriundos da deposição por populares, por falta de contentores. As construções que ocorrem muito próximo da região de estudo, não oferecem quaisquer condições de habitabilidade e não têm saneamento.

As águas não oferecem condições para o uso por estarem turvas, com cheiro e com elevada quantidade de resíduos sólidos de várias ordens, como sucatas, latas, papéis, plásticos e animais mortos.

Nesta zona afloram essencialmente os granitos biotíticos da região Central (± 2250 Ma).

O ponto 11 (onze; localizado na área das três Pontes) pertence ao rio Nombaca que é afluente do Caculavar. As coordenadas do ponto são 14°51,136´S e E13°36,002´.



Figura 4. 19 - Enquadramento do ponto nro 11 (rio Nombaca)

A água apresenta um aspecto mais ou menos transparente. Nesta zona o rio fica carregado de um grande volume de sedimentos em épocas de precipitação.

Os populares aproveitam a água do rio para irrigação, já que existem muitas hortas nos aluviões das margens e para diversas actividades domésticas. Antigamente os moradores faziam a extracção da areia para a comercialização.

Nesta zona afloram essencialmente os granitos biotíticos da região Central (± 2250 Ma).

Os solos estão ocupados com a actividade agrícola e com algumas habitações. Em meados da primeira década do século XXI (± 2006) a administração da cidade do Lubango, havia instalado uma lixeira que se encontrava próxima

desta linha de água. Quando as chuvas caíam, as águas arrastavam resíduos da lixeira para o rio. O tipo de vegetação seleccionada neste local foi *Persicaria pulchra* e *Cyperus spp.*, existindo outras ao longo da margem com o capim elefante.

O ponto 12 (doze) é parte integrante de um dos rios pertencentes à comuna do Hoque, e tem por coordenadas 14°40,168´S e 13°53,745´E. A sua água está razoavelmente, fazendo com que os populares residentes usufruam dela, para a irrigação das terras e para o uso doméstico. É um local com um significativo aglomerado populacional e isto faz com que apresente debilidades no sistema dos serviços básicos.

É um local que foi inundado pelas águas do rio que devastou casas e áreas cultivadas. O Governo foi obrigado a intervir de imediato e implementou campanhas de demolição das moradias que se encontravam ao longo da margem do rio.

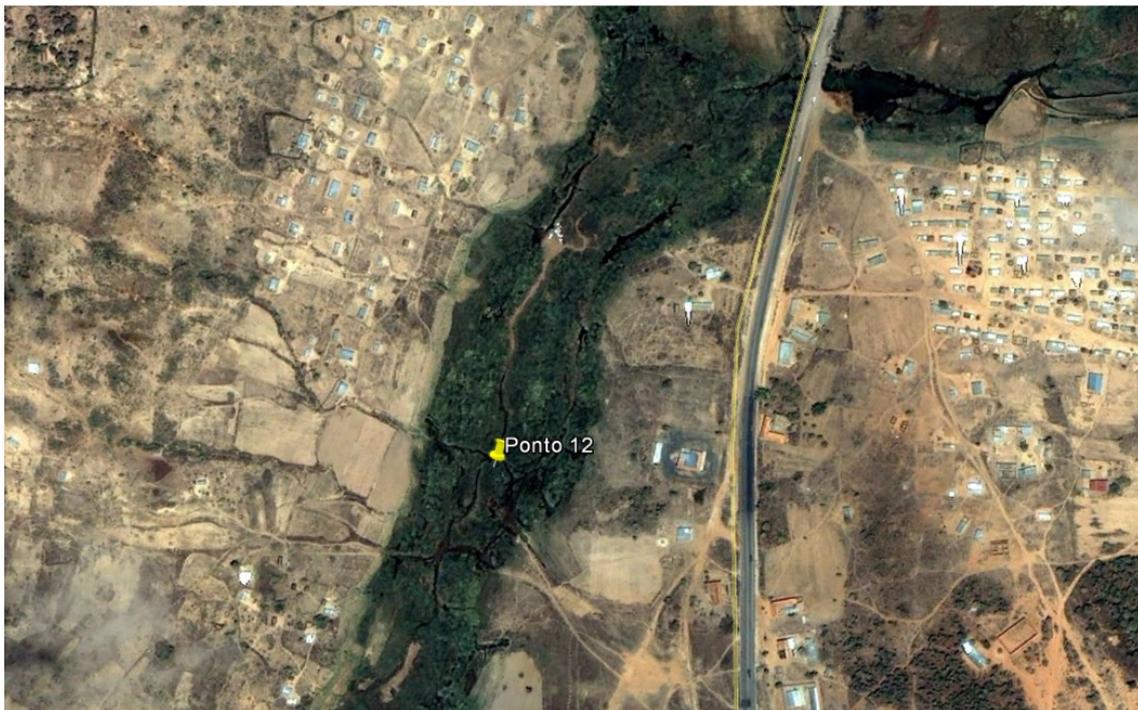


Figura 4. 20 - Enquadramento do ponto nro 12 (Hoque)

Nesta zona afloram essencialmente os granitos biotíticos da região Central (± 2250 Ma) embora existam nas proximidades intrusões de noritos e doleritos.

O solo está ocupado por moradias e zonas de cultivos. Seleccionou-se apenas uma única espécie vegetal *Persicaria pulchra*.

O ponto 13 (treze) é parte integrante do maciço montanhoso da Serra da Leba, e tem coordenadas 15°02,363´S e 13°12,093E, fazendo parte do denominado rio Sondjo. Na respectiva linha de água, seleccionou-se uma única planta o *Persicaria pulchra*. Em 2006, esta zona sofreu fortes inundações, que devastaram grande parte da margem onde existiam campos agrícolas e casas da população autóctone. Os populares foram retirados e realojados em local mais seguro. As edificações que existiam antes de acontecer este trágico acontecimento, encontravam-se junto à linha de água, porque isso lhes facilitava a irrigação dos campos e o usufruto para uso doméstico.

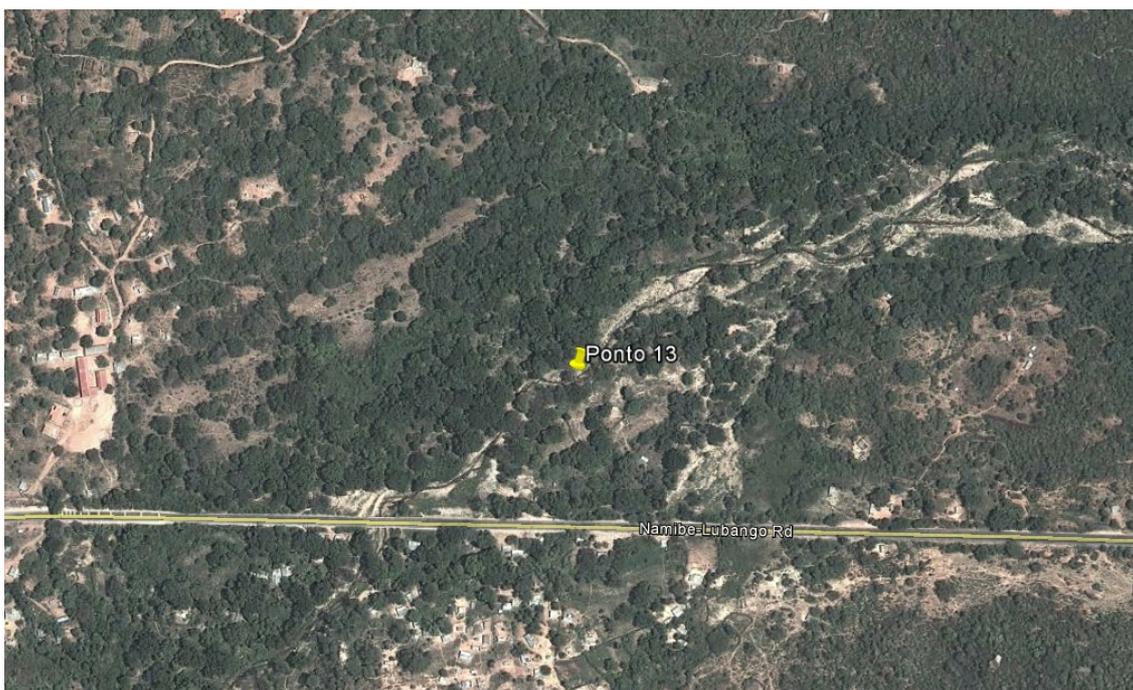


Figura 4. 21 - Enquadramento do ponto nro 13 (rio Sondjo)

Quanto ao estado da água, apresenta-se ainda transparente, límpida e sem cheiro, apenas carregada de sedimentos oriundos do ponto mais alto da

região. Os indícios de ocupação dos solos são ainda patentes, observando-se diversos destroços de edificações e restos das áreas de cultivo.

Do ponto de vista geológico o ponto localiza-se na zona do chamado granito do Caraculo-Bibala (idade 2500 Ma ou superior) embora existam nas proximidades pórfiros granitoides e rochas vulcânicas. No entanto as águas escorrem desde a formação da Leba e podem atravessar rochas bem diversificadas do grupo Chela (siltitos, xistos, arenitos, cineritos e rochas vulcanoclásticas, quartzitos, arcoses).

O ponto 14 (catorze) está localizado nas coordenadas 15°02,305´S e 13°12,191´E no chamado lago Muwavela.

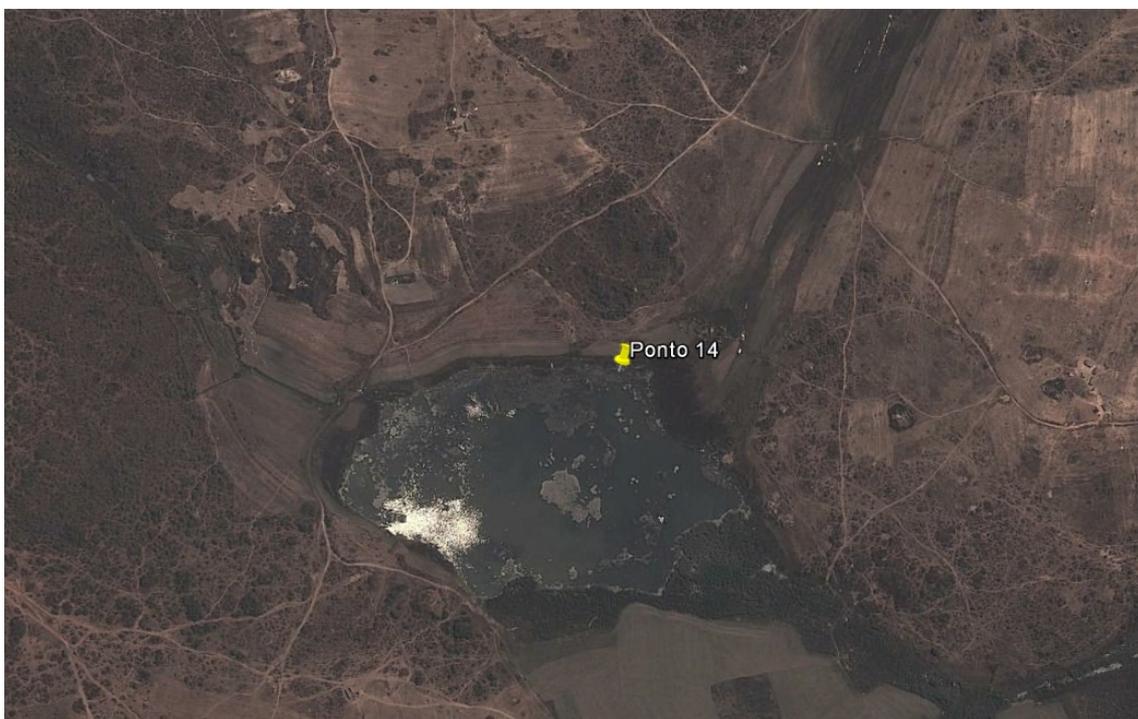


Figura 4. 22 - Enquadramento do ponto nro 10 (lago Muwavela).

No local para além de encontrarmos plantas aquáticas como *Myscanthus junceus*, seleccionou-se também a espécie *Persicaria pulchra*. As águas são transparentes e apresentam bom aspecto e em tempo de estiagem a população aproveitam-nas para irrigar as plantações e usam o lago como

bebedouro para os animais domésticos. Quanto ao solo somente está sendo ocupado com actividades agrícolas e com pastagem para o gado.

Comparativamente como outros locais anteriormente referidos, não se faz sentir muito a deposições de resíduos sólidos ao longo do lago e de zonas próximas.

Nesta zona afloram essencialmente os granitos biotíticos da região Central (± 2250 Ma) embora existam nas proximidades intrusões de noritos e doleritos.

O ponto 15 (quinze) situa-se na latitude $S14^{\circ}51,791'$ e longitude $E13^{\circ}44,599'$ e pertence ao rio Tchipuvi onde se seleccionou a espécie *Persicaria pulchra*.

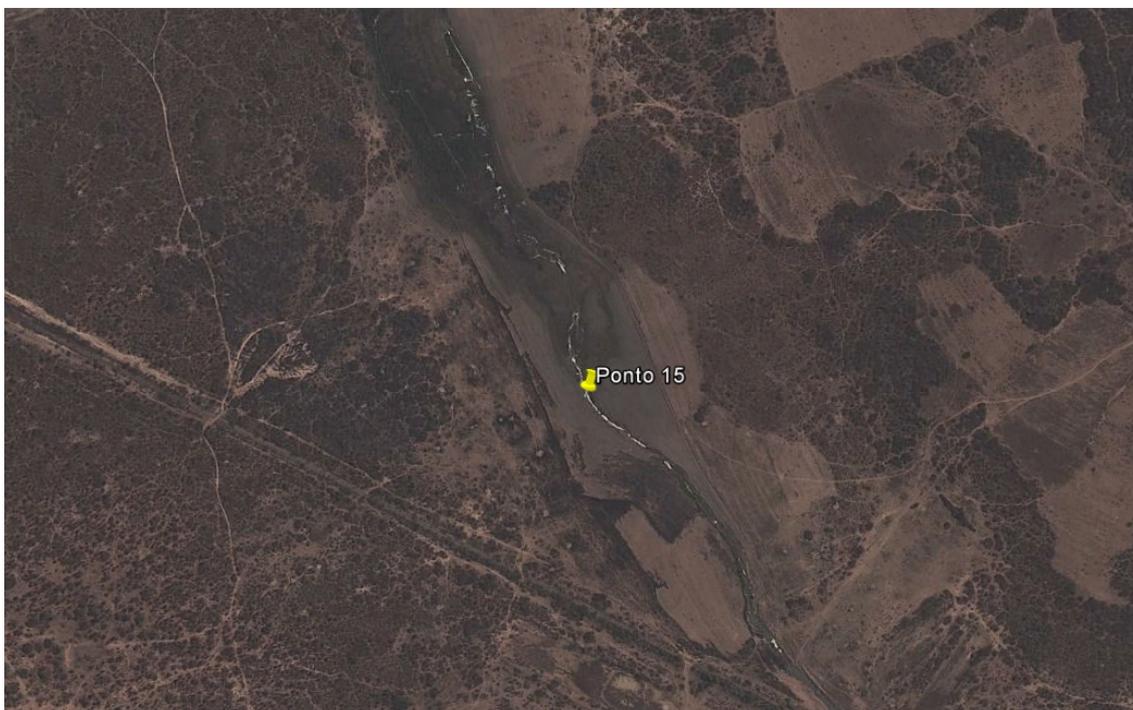


Figura 4. 23 - Enquadramento do ponto nro 15 (rio Tchipuvi)

Existem benefícios para a população agrícola, pois usufruem da linha de água para a irrigação e como bebedouro para os animais.

É um espaço que, na sua maior parte, tem os solos ocupados com a prática agrícola e pastorícia. No início da época de cultivo, os agricultores preparam o terreno efectuando queimadas o que não é benéfico para o solo.

Nesta zona afloram essencialmente os granitos biotíticos da região Central (± 2250 Ma) embora existam nas proximidades intrusões de noritos e doleritos e também pórfiros granitoides e rochas vulcânicas.

O ponto 16 (dezasseis) localiza-se na zona da Nossa Senhora do Monte, na latitude S14 56,339' e longitude E13 27,961'. Neste local foram seleccionadas as espécies *Persicaria pulchra*, *Cyperus spp.* e *Myscanthus junceus*.

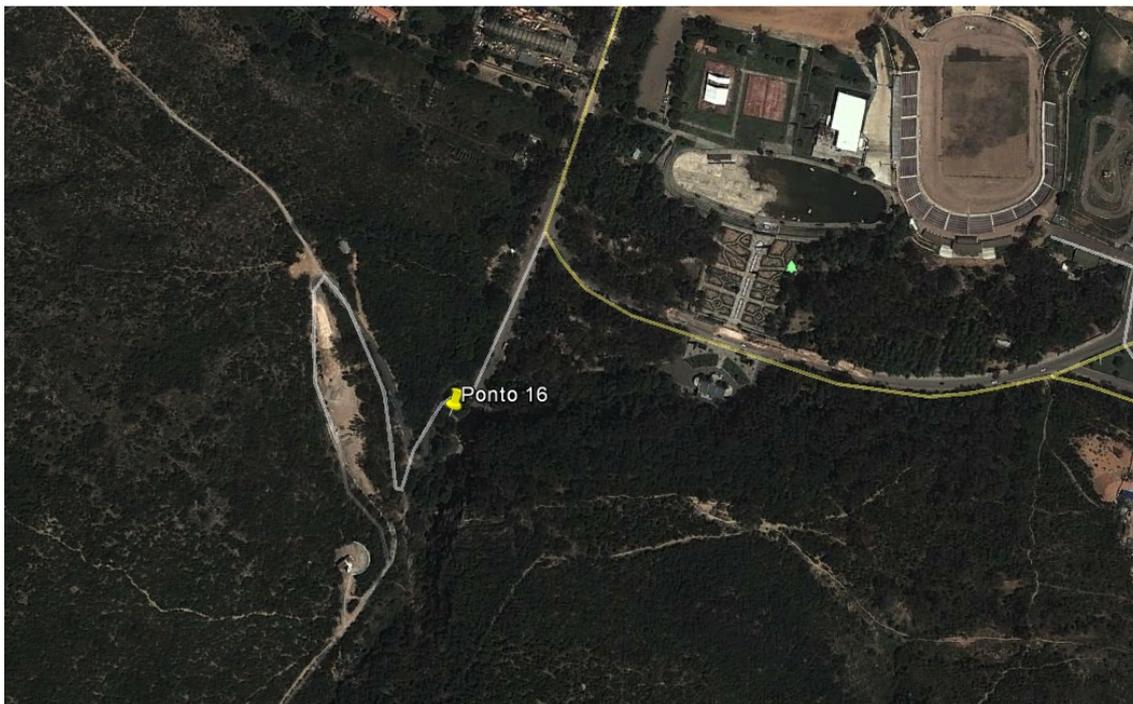


Figura 4. 24 - Enquadramento do ponto nro 16 (Nossa Senhora do Monte)

As suas águas são límpidas, transparentes e apresentam um bom aspecto.

O solo está ocupado com um parque que é usado para o turismo e lazer. O espaço tem sido frequentado por muitos cidadãos para a contemplação do ambiente paisagístico, por ser atraente, tranquilo e apresentar condições ambientais salutaras. Um aspecto interessante é que, próximo deste local, estão situadas alguns dos furos ou captações de água que alimentam a cidade do Lubango.

A linha de água drena pelas formações da Humpata e Tundavala (siltitos, xistos, arenitos, cineritos e rochas vulcanoclásticas, quartzitos e arcoses). No local da colheita propriamente predominam os quartzitos e arcoses.

4.3. Métodos de Colheita e Armazenamento

Como nos referimos anteriormente, a colheita foi manual e a colheita das espécies não requereu grandes técnicas. Foram seleccionados os espécimes que se encontravam em maior número e de fácil colheita. As amostras depois de removidas do local carregavam consigo grãos de areia e solo. Assim foi necessário limpar as amostras aproveitando as correntes de água dos locais.

As espécies recolhidas nas diversas linhas de água da envolvente da cidade do Lubango foram armazenadas num local sem contacto directo com a radiação solar e etiquetadas de acordo com os locais definidos. A recolha de amostras durou um mês devido a dificuldades de acesso aos locais de recolha.

As amostras, depois de secas, moídas, embaladas em sacos de plásticos e catalogadas, foram enviadas para o Laboratório de Biogeoquímica da Universidade de Coimbra onde foram analisadas.

4.4. Métodos Analíticos

O método analítico utilizado para a análise da composição química das plantas foi a espectrofotometria de absorção atómica por chama (AAS) e espectrofotometria de absorção atómica e com câmara de grafite (GFAAS). Para a realização do trabalho foi necessário executarmos as análises das amostras em duas fases.

Na primeira fase fez-se o ataque das amostras em meio ácido e na segunda procedeu-se à análise química. A última serviu para determinar os elementos químicos como: o As, Cr, Cu, Li, Ni, Pb e Zn.

As amostras foram pesadas, com valores que em média rondavam os 0,5 a 0,6 gramas, colocadas no tubo de Teflon, digeridas por 8 ml de ácido nítrico

(HNO₃) a 65% e 2ml de peróxido de hidrogénio (H₂O₂) a 30%. De seguida foram colocadas no micro-ondas. Depois da digestão completa, verteu-se o conteúdo de cada tubo para o balão volumétrico de 25 ml e adicionou-se água destilada para se completar o volume. Os resultados foram expressos em mg de metal por kg de material seco usualmente designada por ppm (partes por milhão).



Figura 4.25 - Microondas (Anton Paar-Multiwave 3000; foto: P. Cassavela).



Figura 4.26 - Espectrofotómetro de Absorção Atómica (foto: P. Cassavela)

5 - Resultados e Discussão

Com base nas análises efectuadas elaboraram-se as tabelas 5.1 a 5.7 que representam uma sumarização dos resultados analíticos obtidos.

Verifica-se que apenas a espécie *Persicaria pulchra* apresenta uma boa distribuição na área, pelo que será a espécie principal que iremos abordar e cujos valores estão representados na tabela 5.1. Contudo, ao analisarmos apenas esta espécie existem pontos (onde ela não foi amostrada) cuja análise será relativa e dependente da amostragem de outras espécies.

Tabela nº 5.1- Resultados analíticos para *Persicaria pulchra* (valores em mg/kg peso).

| Locais | As | Cr | Cu | Li | Ni | Pb | Zn |
|---------------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|---------|
| | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg |
| 1(n=4) | 0,164 | 4,498 | 10,218 | 0,560 | 3,994 | 1,418 | 48,592 |
| 2(n=4) | 0,152 | 20,976 | 6,313 | 1,603 | 3,688 | 10,818 | 43,845 |
| 3(n=4) | 0,047 | 4,705 | 9,842 | 0,672 | 1,747 | 0,935 | 101,352 |
| 4(n=4) | 0,130 | 7,243 | 8,074 | 1,222 | 2,666 | 0,940 | 51,592 |
| 9(n=4) | 0,065 | 4,902 | 3,437 | 0,887 | 4,617 | 3,387 | 36,736 |
| 10(n=4) | 0,085 | 6,845 | 4,529 | 1,341 | 1,517 | 2,272 | 39,280 |
| 11(n=1) | 0,009 | 2,242 | 6,868 | 0,424 | 3,614 | 0,385 | 27,264 |
| 12(n=4) | 0,073 | 3,321 | 4,077 | 0,870 | 2,387 | 0,547 | 18,211 |
| 13(n=4) | 0,091 | 8,490 | 6,671 | 1,624 | 3,998 | 1,704 | 18,531 |
| 14(n=2) | 0,104 | 7,513 | 5,209 | 1,750 | 1,442 | 1,491 | 25,016 |
| 15(n=4) | 0,711 | 6,462 | 6,689 | 2,273 | 4,139 | 1,810 | 38,720 |
| 16(n=1) | 0,102 | 4,265 | 8,287 | 0,350 | 3,689 | 9,669 | 221,691 |
| | | | | | | | |
| média | 0,144 | 6,789 | 6,684 | 1,131 | 3,125 | 2,948 | 55,903 |
| mínimo | 0,009 | 2,242 | 3,437 | 0,350 | 1,442 | 0,385 | 18,211 |
| máximo | 0,711 | 20,976 | 10,218 | 2,273 | 4,617 | 10,818 | 221,691 |
| c.v. | 1,272 | 0,712 | 0,323 | 0,532 | 0,357 | 1,190 | 1,013 |

n = número de amostras por ponto

Pela análise destes resultados verifica-se que o ponto 16 parece ser aquele que representa uma anomalia significativa de Zn. Além deste elemento é significativa a concentração observada para o Pb e em menor grau para o Cu, sendo negativa a sua relação com o Li. Isto pode transparecer a possível existência de uma mineralização de sulfuretos relacionada com o grupo da Chela. Nesta série sabe-se da existência de rochas vulcânicas que podem

estar na gênese de importantes jazigos de sulfuretos. Contudo, a existência de camadas com sulfuretos na série da Chela não foi ainda revelada. Este local situa-se na Senhora do Monte e é um local de protecção a contaminações antrópicas pois é a zona das captações de águas que abastecem a cidade do Lubango. Os dados aqui encontrados vão ao encontro dos que também foram obtidos numa campanha de biomonitorização por Levi (2010) na qual os teores destes elementos também formaram uma forte anomalia em linhas de água próximas deste local. O baixo valor de Li aqui presente reforça a ideia de estarmos perante uma zona com ausência de granitos, reforçando a ideia de uma ligação genética com vulcanitos ácidos. Esta anomalia que se reflecte nas águas poderá indicar também que a mineralização poderá não ser aflorante mas estar relacionada com os locais de circulação das águas subterrâneas, pelo que será importante, no futuro, verificar esse tipo de escoamento.

Para uma melhor visualização destas anomalias calculou-se o valor relativo para cada ponto com esta espécie, dividindo o valor de cada elemento pela sua média, tendo-se obtido a tabela 5.2, que vem reforçar esta ideia. Na figura 5.1 representam-se estes valores para obtermos uma melhor visualização.

Tabela nº 5.2- Valores relativos (Valor/Valor médio).

| Locais | As | Cr | Cu | Li | Ni | Pb | Zn |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 1,139 | 0,663 | 1,529 | 0,495 | 1,278 | 0,481 | 0,869 |
| 2 | 1,056 | 3,090 | 0,944 | 1,417 | 1,180 | 3,670 | 0,784 |
| 3 | 0,326 | 0,693 | 1,472 | 0,594 | 0,559 | 0,317 | 1,813 |
| 4 | 0,903 | 1,067 | 1,208 | 1,080 | 0,853 | 0,319 | 0,923 |
| 9 | 0,451 | 0,722 | 0,514 | 0,784 | 1,477 | 1,149 | 0,657 |
| 10 | 0,590 | 1,008 | 0,678 | 1,186 | 0,485 | 0,771 | 0,703 |
| 11 | 0,063 | 0,330 | 1,028 | 0,375 | 1,156 | 0,131 | 0,488 |
| 12 | 0,507 | 0,489 | 0,610 | 0,769 | 0,764 | 0,186 | 0,326 |
| 13 | 0,632 | 1,251 | 0,998 | 1,436 | 1,279 | 0,578 | 0,331 |
| 14 | 0,722 | 1,107 | 0,779 | 1,547 | 0,461 | 0,506 | 0,447 |
| 15 | 4,938 | 0,952 | 1,001 | 2,010 | 1,324 | 0,614 | 0,693 |
| 16 | 0,708 | 0,628 | 1,240 | 0,309 | 1,180 | 3,280 | 3,966 |

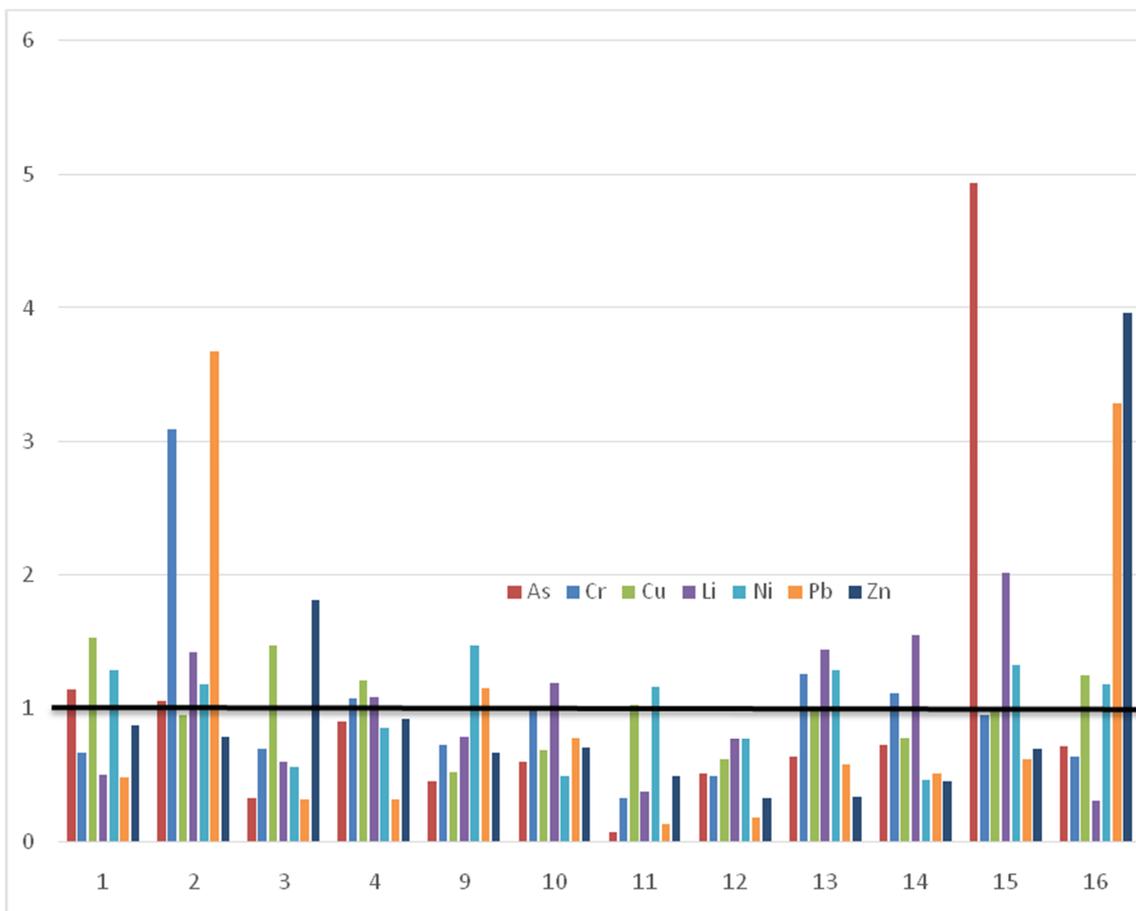


Figura nº 5.1- Variação relativa dos valores para cada ponto (a linha horizontal realça os valores acima ou abaixo da média para cada elemento)

Os resultados obtidos para o *Cyperus spp.* (Tabela 5.3) e para o *Myscanthus junceus* (Tabela 5.4) vêm reforçar esta ideia, pois apesar da pouca representatividade das espécies, as concentrações obtidas no ponto 16 assumem uma forte expressão.

Tabela nº 5.3- Resultados analíticos para *Cyperus spp.* (valores em mg/kg peso seco).

| Local | As | Cr | Cu | Li | Ni | Pb | Zn |
|----------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg |
| 7(n=1) | 0,133 | 6,309 | 8,517 | 0,947 | 5,150 | 0,266 | 12,525 |
| 11(n=3) | 0,089 | 8,540 | 4,759 | 1,653 | 5,128 | 1,503 | 17,815 |
| 16(n=1) | 0,313 | 4,694 | 12,433 | 0,515 | 3,183 | 0,217 | 91,941 |
| Média | 0,178 | 6,514 | 8,569 | 1,038 | 4,487 | 0,662 | 40,761 |
| Mínimo | 0,089 | 4,694 | 4,759 | 0,515 | 3,183 | 0,217 | 12,525 |
| Máximo | 0,313 | 8,540 | 12,433 | 1,653 | 5,150 | 1,503 | 91,941 |
| c.v. | 0,666 | 0,296 | 0,448 | 0,553 | 0,252 | 1,101 | 1,089 |

n = número de amostras por ponto

Tabela nº 5.4- Resultados analíticos para *Myscanthus junceus* (valores em mg/kg peso).

| Local | As | Cr | Cu | Li | Ni | Pb | Zn |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| | mg/kg |
| 5(n=3) | 0,068 | 4,633 | 4,087 | 0,919 | 1,218 | 1,183 | 4,293 |
| 16(n=2) | 0,075 | 5,040 | 9,657 | 0,441 | 3,710 | 2,392 | 142,809 |

n = número de amostras por ponto

Da análise das tabelas 5.1, 5.2 e figura 5.1, verifica-se ainda que no ponto 2 se observa uma anomalia significativa em Cr e Pb, podendo esta estar relacionada com contaminações antrópicas. Este local situa-se a jusante do antigo mercado do Tchico. Além deste local será de realçar a forte anomalia que o As promove no ponto 15. Este facto parece poder estar relacionado com a possível presença de sulfuretos na área, tal como se pode observar pela análise da figura 5.2. Este local situa-se no rio Tchipuvi que atravessa áreas graníticas e está próximo do contacto com uma área de pórfiro granítico, sabendo-se também da ocorrência de mineralizações de sulfuretos na área em condições similares. Por outro lado é aqui que o Li e o Ni apresentam os seus maiores valores apesar de terem pouca expressão.

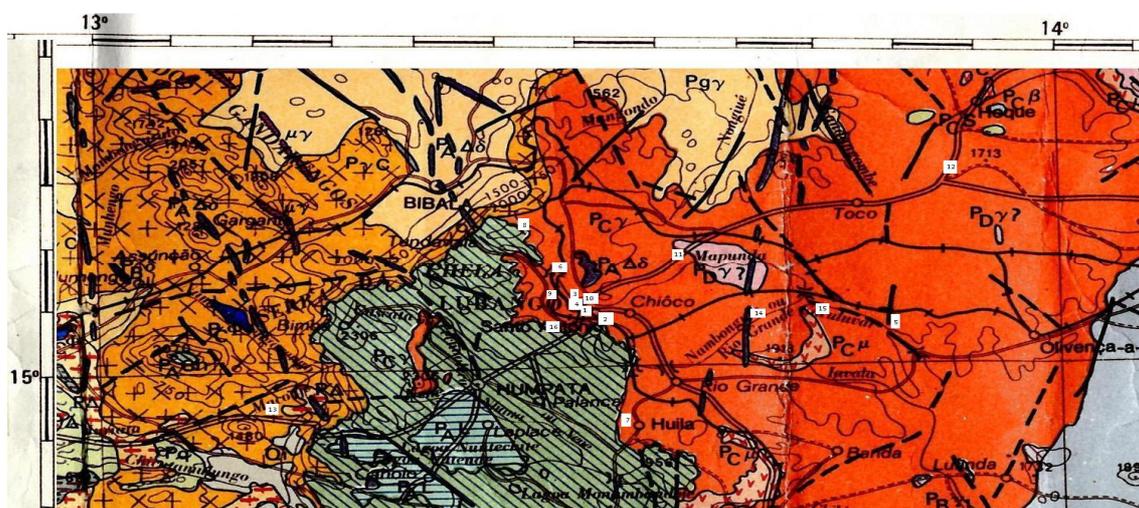


Figura 5.2 - Mapa geológico com localização dos pontos amostrados

Os pontos localizam-se maioritariamente nos granitos biotíticos da região Central (± 2250 Ma), mas são frequentes intrusões de noritos e doritos e, também aparecem algumas zonas com alguma mineralização associada.

Apesar da semelhança geológica podemos destacar os valores relativamente elevados nos pontos 1, 2 3 4 e 10 que ficam nas zonas com maior aglomeração populacional e, por isso, os valores encontrados revelam quase de certeza os efeitos da contaminação antrópica. Nestes locais, a população coloca na linha de água detergentes, toda a espécie de sacos, electrodomésticos, lubrificantes, tintas, efluentes vindo de oficinas, pilhas, baterias e até descargas de fossas sépticas. Presume-se que a contaminação resultante é desencadeada, por factores antrópicos.

O ponto 9 apresenta valores de chumbo e crómio relativamente elevados que poderão ser resultado de contaminação antrópica ou de mineralizações que são relativamente comuns nas imediações deste local. Encontram-se por exemplo nas pedreiras que ficam a jusante e relativamente próximo do ponto 9.

O ponto 11 (rio Nombaca) apresenta apenas valores relativamente elevados de cobre e níquel. A zona é relativamente “limpa” do ponto de vista de contaminações antrópicas. É provável que os contributos nestes metais provenham de intrusões de noritos e/ou doleritos.

O ponto 12 apresenta valores relativamente baixos e encontra-se numa zona granítica pelo que os valores reflectem essencialmente a geologia da zona. Os efeitos antrópicos ainda são pouco visíveis.

Os valores relativamente elevados do ponto 13 (crómio, cobre, lítio e níquel) reflectem seguramente a geologia da zona. Não é uma zona muito afectada pela intervenção humana mas as águas fluem por diversas formações (Bruco, Humpata e Tundavala) antes de atingirem o granito Caraculo-Bibala. Seria no entanto interessante proceder a trabalhos de Maio pormenor nas imediações para verificar se existem algumas mineralizações interessantes.

O ponto 14 (lago Muwavela) está relativamente livre de contaminações antrópicas e embora em zona granítica fica próxima de intrusões de noritos e doleritos significativas. Os valores relativamente elevados de crómio e níquel estão certamente relacionados com a geologia da zona.

Da análise das restantes espécies que se apresentam nas tabelas 5.5 a 5.8, será de realçar a concentração de Pb no *Pennisetum macrourum* (Tabela 5.6), que se situa próximo da estrada principal para a Matala. Este facto (proximidade à estrada) poderá estar na origem desta concentração elevada, contudo, a escassez de resultados não permite a sua validação. Os resultados obtidos para o ponto 7 são muito díspares relativamente ao *Cyperuss spp.* (tabela 5.3), *Juncus oxycarpus* (tabela 5.5) e *Pennisetum macrourum* (tabela 5.6), principalmente no que se refere ao Cr e Cu e não permitem retirar nenhuma conclusão com os poucos dados que temos. Para as restantes espécies os valores apresentados são apenas a título exemplificativo porquanto a pouca informação disponível não permite retirar qualquer conclusão.

Tabela nº 5.5- Resultados analíticos da espécie *Juncus oxycarpus*(valores em mg/kg peso).

| Local | As | Cr | Cu | Li | Ni | Pb | Zn |
|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg |
| 6(n=1) | 0,123 | 2,613 | 1,287 | 0,824 | 2,570 | 0,610 | 23,816 |
| 7(n=1) | 0,084 | 9,005 | 10,649 | 1,029 | 4,126 | 0,867 | 11,033 |

n = número de amostras por ponto

Tabela nº 5.6- Resultados analíticos da espécie *Pennisetum macrourum*(valores em mg/kg peso).

| Local | As | Cr | Cu | Li | Ni | Pb | Zn |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | mg/kg |
| 5(n=1) | 0,172 | 6,169 | 4,964 | 0,355 | 6,549 | 8,888 | 7,395 |
| 7(n=2) | 0,171 | 4,397 | 2,465 | 0,778 | 4,070 | 0,620 | 12,896 |

n = número de amostras por ponto

Tabela nº 5.7 - Resultados analíticos para *Echinochloa stagnina* (valores em mg/kg peso seco).

| Local | As | Cr | Cu | Li | Ni | Pb | Zn |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | mg/kg |
| 6 (n=3) | 1,152 | 3,110 | 3,784 | 1,359 | 1,712 | 3,261 | 9,531 |
| 8 (n=4) | 0,150 | 8,089 | 3,697 | 0,663 | 4,843 | 0,669 | 9,210 |

n = número de amostras por ponto

Tabela nº 5.8- Resultados analíticos para *Nymphoides indica* (valores em mg/kg peso).

| Local | As | Cr | Cu | Li | Ni | Pb | Zn |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | mg/kg |
| 14(n=2) | 1,580 | 8,588 | 3,064 | 2,385 | 2,404 | 2,242 | 26,668 |

n = número de amostras por ponto

Nos pontos 5, 6, 7 e 8 não foi amostrada a espécie *Persicaria pulchra*. Assim apenas podemos tecer algumas considerações com base nos poucos resultados obtidos com as outras espécies.

Nos pontos 5 e 6 não parecem existir valores significativos (apenas foi amostrada a *Myscanthus junceus* no ponto 5; no ponto 6 foram recolhidas *Echinochloa stagnina* e *Juncus oxycarpus*) e os valores parecem indicar apenas a presença dos granitos presentes em cada um dos pontos.

No ponto 8 apenas foi recolhida *Echinochloa stagnina* e só o valor de crómio poderá dar indicação de alguma possível mineralização proveniente talvez das formações a montante (Bruco, Humpata e Tundavala).

6 - Conclusões e Recomendações

6.1. Conclusões

Podemos concluir que a metodologia usada confirmou a viabilidade da utilização de plantas para discriminar entre pontos contaminados naturalmente ou pela acção humana nas linhas de água da envolvente da cidade do Lubango.

Os pontos localizavam-se na sua maioria em zonas com substrato granítico (excepto o ponto 16 e eventualmente os pontos 7 e 8) mas os resultados obtidos, usando essencialmente a espécie *Persicaria pulchra* como biomonitora, foram muito diversos.

Assim os valores obtidos nos pontos 1 (rio Mukufi) , 2 (rio Capitão), 4 (rio Nombaca) indicam claramente contaminação antrópica enquanto que os resultados obtidos nos pontos 13, 15 e 16 sugerem a influência de mineralizações presentes no caminho das águas e que acabam por deixar uma assinatura específica na análise química das plantas.

O ponto 11 afluente do Caculuvar, rio Nombaca, localizado nas zona das Três Pontes, despertou também a nossa atenção, por apresentar valores de Arsénio significativamente abaixo do valor médio encontrado.

6.2. Recomendações e Sugestões

Na sequência do trabalho efectuado aqui ficam algumas recomendações:

- comparar a contaminação por metais na água dos rios da Cidade do Lubango, na estação de inverno e verão;
- efectuar um levantamento das plantas para determinar quais se comportam como hiperacumuladoras nos solos e linhas de água da cidade do Lubango;

- com ajuda de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) elaborar um mapa que apresente locais considerados vulneráveis e susceptíveis à contaminação natural e antrópica nos rios do Lubango (mapa de riscos);
- devem fazer-se trabalhos de prospecção para determinar se existem mineralizações com potencial económico;
- criar convénios com instituições estrangeiras, como por exemplo a Universidade de Coimbra, Departamento de Ciências da Terra, para que possam ser efectuadas formações regulares;
- criar um grupo de especialistas para a realização de palestras de sensibilização nos bairros, com ajuda da administração provincial, municipal e comunal.

Bibliografia

- Cardoso, J. Rio (2013) O Professor do Futuro. Valorizar o professor, melhorar a educação. Guerra e paz, Editores, S.A. 44,45 pp.
- Carvalho, Heitor (1974) Carta de Geológica de Angola. Escala 1:100.000, Folha nº227-22. Serviço de Geologia e Minas, instituto de investigação científica Companhia de Diamantes de Angola Empresa de Cobre de Angola, Companhia Mineira do Lobito, Petangol, Angol e Cabinda Gulf,.
- Castro, B. Moisés (2011) Caracterização Hidrogeológica e Avaliação de Usos da água da Nossa Senhora do Monte, Lubango, Angola. Mestrado em Geociências Ramo de Ambiente e Ordenamento, pela Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Chagas, Graziela Consentini (2008). Avaliação do Potencial Bioindicador de *trichodacty fluviatilis* (Latreille 1828), (*Crustacea; Decapoda; Trichodactylidae*) na bacia do rio Corumbati. Dissertação apresentada ao instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Zoologia).
- Correia, H. (1976) O Gupo Chela e a Formação Leba como Novas Unidades Litoestratigráficas resultantes da Redefinição da Formação da Chela na Região do Planalto da Humpata (Sudoeste de Angola). Separata do Boletim da Sociedade Geologica de Portugal, vol. XX. 72,84 pp.
- Cruz, Armanda T. Isaac (2011). Erosão de Solos na Região do Lubango, Mestrado em Geociências Ramo de Ambiente e Ordenamento, pela Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Diniz, A. Castanheira (2005) Grandes Bacias Hidrográficas de Angola. Recursos em Terras com Aptidão para o Regadio do Rio Cunene Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento, 2ª Edição, Lisboa. 39 p.
- Diniz, A. Castanheira (2006). Características Mesológicas de Angola. Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento, 2ª Edição, Lisboa, 427-431 pp.

- Feio, M. (1981). O relevo do sudoeste de Angola. Estudo de Geomorfologia, Memórias da Junta de Investigações Científicas do ultramar, nº67 (2ª Serie), Lisboa. 17,27 pp.
- Ferreira, M. Joaquim (1989) Geologia: O Meio Físico, Edições Contraponto. 30 p.
- Firmino, M. (2011). Geomorfologia da região do Lubango e sedimentologia dos seus depósitos Cenozoicos. Dissertação de Mestrado em Geociência, Ramo Ambiente e Ordenamento, FCT, Universidade de Coimbra.
- Foster S; Graduño H.; Kemper, K; Tuinhof. A; Nannis Duncan, C.,(2003). Groundwater Quality Protection: defining strategy and setting priorities GW-MATE Briefing. Note n 8.
- Kabata-Pendias, A & Pendias, H (2001) Trace elements in soils and plants, third edition. CRC Press. Boca Raton, USA.38 p.
- Kabata-Pendias, A., Mukherjee, Arun B (2007). Trace Elements from soil to human, Springer, January.56-58 pp.
- Machado, F. Falcão (1959). A Serra da Chela. Reitor e Professor do Liceu «Diogo Cão» Oficina Gráficas A B C, Luanda.15 p.
- Marques, R. I Canto (2008). Biomonitorização de metais pesados. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra para obtenção do grau de Mestre. Coimbra: Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Mendes, Benilde & Oliveira J.F. Santos (2004). Qualidade da água para o consumo humano, Lidel – edições técnicas, lda. 39 p
- Morais, F.B.P.Igor (2013). Ensaio de prospecção Biogeoquímicas em Espécies Aquáticas. Mestrado em Geociências Ramo de Ambiente e Ordenamento, pela Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

- Morais, R., Crapez, M., Pfeiffer, W., Farina, M., Bainy, A. e Teixeira, V.(2001). Efeitos de poluentes em Organismos Marinhos. Arte & Ciência Villipress. São Paulo.
- Mouta, Raquel (2001). Enciclopédia da Ciência (Título original: The Concise Science Encyclopedia) Editorial Estampa, Lda., Lisboa. 44 p.
- Perevalov, O.V., A.S.Voinovsky., A.F.Tselikovsky.,Y.L.Agueev., F.R.Polskoi.,V.L.Khódirev e A.I.Kondratiev (1992). Geologia de Angola: Notícia Explicativa da Carta Geológica à escala 1:1000.000.
- Pratas et al (2004). Plants growing in abandoned mines of Portugal are useful for biogeochemical exploration of arsenic, antimony, tungsten and mine reclamation. Journal of Geochemical Exploration, 85 (2005) 99-107. 100-103 pp.
- Ramos, M. G. Martins (2005). Determinação dos Teores de Metais Pesados em Plantas Típicas dos Mangues do Rio Cubetão, Sp Dissertação apresentada à Universidade Católica de Santos para Obtenção ao título de Mestre em Saúde Coletiva, Santos, Brasil. 15 p.
- Sertoli, P.Eurico (2009), As características do Complexo de Troca e a Classificação dos solos da República de Angola. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Agronómica. Universidade Técnica de Lisboa.
- Shneider I. A. Homrich (2003). Plantas aquáticas: Adsorventes Naturais para Melhoria da Qualidade das águas. XIX Prêmio Jovem Cientista 2003 – Água: Fonte de Vida. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Escola de Engenharia – PPGEM, Porto Alegre Brasil. 4,5 pp.
- Tucci, C. E. Morelli et al (2003). Recursos Hidricos, Prospecção Tecnológica: Qualidade da Água Subterrânea. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Ciência e Tecnologia e Inovação. 21-26 pp.
- Wangner, A, Boman, J. (2003). Biomonitoring of trace elements in vietnamese fershwater mussels. Spectrochimica ActaPart B. Elsevier. v 59. 1125-1132 pp.

Xian, X. (1989). Effect of cadmium zinc and lead in polluted soils on their uptake by cabbage plants. Plant and soil. Dordrecht, v 115, 257-264 p.

Sítios da Internet consultados

http://info-angola.ao/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=216&Itemid=1367, acessado aos 16 de Dezembro de 2013, pelas 18h50m, (info-angola).

http://pt.wikipedia.org/wiki/Planta_indicadora, acessado aos 24 de de Dezembro de 2013, pelas 18h:37m.

<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/infogeo/infogeo6.pdf>. acessado aos 23 de Janeiro de 2014 pelas 23h.

<http://www.instituto-camoes.pt/glossario/Texto/Agronomia/HTM/pr...>acessado dia 15/04/2013

MAT (2006), Divisão Política Administrativa e população. <http://www.mat.gv.ao/portalmat/default.aspx?s=49>, acessado aos 7 de Fevereiro de 2014, pelas 16horas.

Meirelles, L. R. et al (2005), Agricultura Ecológica. Princípios Básicos. Centro Ecológico. [www.centroecologico.org.br/Agricultura-Ecológica/cartilha Agricultura](http://www.centroecologico.org.br/Agricultura-Ecológica/cartilha_Agricultura). acessado aos 25 de Dezembro de 2013.

Pereira, R. S. (2004). Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. Revista Eletrónica de Recursos Hídricos. IPH-UFGS. <http://www.abrh.org.br/informacoes/rerh.pdf>

Reddy, K.R & Clark M. W (2008). Methods for Evaluating Wetland Condition 18 Biogeochemical indicators. University of Florida, institute of food and Agriculture, soil and water Science Department 17p. <http://www.epa.gov/waterscience/wetlands/>.

www.fca.uneap.br/Home/Extensao/grupoTimbo/Cartilha_Agricultura_Ecologica.pdf acessado aos 24 de Dezembro de 2013 pelas 22 horas.

www.institutovirtual.Pt/edu-agri-biotec/fitorremediação, acessado aos 20 de Dezembro 2011 pelas 17h 30m.

Anexo



Figura A1- Balança (instrumento usado na pesagem das amostras).



Figura A2- Amostras prontas a ser analisadas (espécie *Persicaria pulchra*).