



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

**AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE POLUIÇÃO POR PARTÍCULAS,  
NA CIDADE DE LUBANGO  
(ANGOLA)**

**Maurício Honorato Clemente**

**MESTRADO EM GEOCIÊNCIAS. AMBIENTE E ORDENAMENTO DO  
TERRITÓRIO**

**Orientadora**

Professora Doutora Celeste dos Santos Romualdo Gomes, Faculdade de  
Ciência e Tecnologia, Universidade de Coimbra

**Junho, 2013**

## **PENSAMENTO**

Achei-me desgraçado porque não tinha sapatos, até que um dia deparei-me com alguém que não tinha pés. (Autor desconhecido).

## **DEDICATÓRIAS**

Ao meu pai Pedro Bento Clemente e a minha mãe Avelina Navita, pelos seus feitos imensuráveis. A eles os meus apreços e gratidão.

" O Choro pode durar uma noite, mas alegria vem pela manha. SL: 30-5."

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS Todo-poderoso e detentor de todo conhecimento, Omnisciente e Omnipresente pela vida e sabedoria;

A Doutora Celeste Gomes pelo seu esforço que mesmo com o seu estado de saúde sempre soube orientar-me com toda perseverança, a ela o meu reconhecimento e admiração;

A Dra. Ana Lourenço pela força e ensinamentos ministrados ao longo desta temática;

A Professora Dra. Helena Santoveia da Universidade do Porto Departamento de Geologia, Laboratório de Petrofísica pelo contributo dado na análise da suscetibilidade;

Aos demais professores da Universidade de Coimbra Departamento de Geociências pela formação profissional;

À Minha família, mulher e ao meu filho Cris-Mauro. Pelos apoios incondicionais e por compreenderem as minhas ausências;

Aos meus colegas Bartolomeu Nóbrega e Henrique Chiquemba por termos compartilhado momentos difíceis desta formação;

Ao Yuri Alberto pelo seu apoio na aquisição de alguns mapas de enquadramento e outra informações que foram relevantes, ao Armando Cinturão Semo pelas suas ideias de salutar;

A aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste pioneiro trabalho científico e que não foram mencionados;

"A todos muito obrigado

## RESUMO

O Magnetismo ambiental é uma metodologia que se baseia nas propriedades magnéticas dos materiais e constitui um método importante para a monitorização dos níveis de poluição por partículas e são vistos como um método eficaz, não poluente de custo razoável e não destrutivo (...). (Dekkers, 1997, Maher e Thompson, 1999).

O presente trabalho está estruturado em quatro capítulos:

O I capítulo retrata sobre a parte introdutória da investigação especificamente a justificação bem como a delimitação dos objetivos. O II capítulo, faz referência ao enquadramento teórico começando com a definição de alguns conceitos, tais como: principais poluentes atmosféricos e seus efeitos no ambiente, propriedades magnéticas dos minerais e campos magnéticos, magnetização remanescente natural e isotérmica, sua aplicação ao estudo de poluição. Enquanto o III capítulo, descreve os métodos e técnicas utilizadas ao longo do trabalho que permitiram adquirir uma informação diversificada, obter resultados em função dos objetivos traçados, caracterização geográfica e administrativa, geológica e climatológica da área em estudo. Caracterização das amostras descrevendo os locais das amostragens, superfície de contacto, coordenadas geográficas em UTM e a altitude em relação ao nível do mar. Medição dos parâmetros magnéticos e determinação da massa permitiram identificar as zonas com maiores níveis de poluição, tipo de poluente e contaminante e destes a sua granulometria. Resultados e discussão referenciam comentários em função dos dados obtidos e a conseqüentemente a comparação entre a época seca e a chuvosa, zona urbana com a suburbana e também com os resultados do Kaula obtidos em 2011. E finalmente o IV capítulo, com as conclusões e recomendações apontando as zonas com maiores níveis de poluição por partículas, principais fontes destas partículas e medidas a serem tomadas para mitigar este tipo de poluição. As referências bibliográficas especificando as obras, livros, artigos, relatórios, sites consultados e o glossário contem alguma informação que permitirão a interpretação técnica descrita ao longo do presente trabalho.

**Palavra Chaves:** magnéticas, remanescentes, suscetibilidade, raios e isotérmicas.

## **ABSTRACT**

The environmental Magnetism is a methodology that bases on the magnetic properties of the materials and it constitutes an important method for the monitorização of the pollution levels for particles and they are seen as an effective method, no pollutant of reasonable cost and no destructive (...). (Dekkers, 1997, Maher and Thompson, 1999).

The present work is structured in four chapters:

The I chapter portrays on the introductory part of the investigation specifically the justification as well as the delimitation of the objectives. The II chapter, makes reference to the theoretical framing beginning with the definition of some concepts, such as: main pollutant atmospheric and their effects in the atmosphere, magnetic properties of the minerals and magnetic fields, natural remaining magnetization and isotérmica, his/her application to the pollution study. While the III chapter, describes the methods and techniques used along the work that you/they allowed to acquire a diversified information, to obtain results in function of the drawn objetivos, geographical and administrative, geological and climatological caraterização of the area in study. Caraterização of the samples describing the places of the samplings, contact surface, geographical coordinates in UTM and the altitude in relation to the sea level. Measurement of the magnetic parameters and determination of the mass allowed to identify the areas with larger pollution levels, type of pollutant and pollutant and of these his/her granulometria. Results and discussion referenciam comments in function of the obtained data and the consequently the comparison among the time dries and the rainy, urban district with the suburban and also with the results of Kaula obtained in 2011. It is finally the IV chapter, with the conclusions and recommendations pointing the areas with larger pollution levels for particles, main sources of these particles and measures the they be taken to mitigate this pollution type. The bibliographical references specifying the works, books, goods, reports, consulted sites and the glossary count some information that you/they will allow the technical interpretation described along the present work.

**Word Keys:** magnetic, remainders, suscetibility, ratios and isotérmicas.

# ÍNDICE GERAL

|   |    |
|---|----|
| 1- INTRODUÇÃO.....  | 1  |
| 1.1- Fundamentação .....  | 1  |
| 1.1- Objetivos .....  | 2  |
| 2-ENQUADRAMENTO TEÓRICO.....  | 3  |
| 2.1- Poluição Atmosférica.....  | 3  |
| 2.2- Principais Poluentes Atmosféricos .....                          | 3  |
| 2.3- Partículas .....   | 3  |
| 2.4- Efeitos da Poluição por Partículas no Ambiente.....              | 4  |
| 2.5- Magnetismo Ambiental.....  | 5  |
| 2.5.1- Propriedades magnéticas dos minerais e campos magnéticos ..... | 5  |
| 2.5.2- Magnetização Remanescente.....                                 | 6  |
| 2.5.3- Magnetização Ambiental Aplicada ao Estudo de Poluição .....    | 7  |
| 3-MAGNETISMO AMBIENTAL EM LUBANGO-ANGOLA.....                         | 8  |
| 3.1- Método e Técnicas .....  | 8  |
| 3.2- Caraterização da Área em Estudo .....                            | 9  |
| 3.2.1- Geográfica e Administrativa.....                               | 9  |
| 3.2.2- Geologia .....   | 9  |
| 3.2.3- Clima .....  | 10 |
| 3.2.4- Precipitação .....   | 11 |
| 3.2.5- Vento .....  | 11 |
| 3.2.6- Exploração de Inertes .....                                    | 12 |
| 3.2.7- Unidades Industrias de Lubango .....                           | 13 |
| 3.2.8- Composição química dos combustíveis.....                       | 13 |
| 3.2.9- Veículos em circulação e idade Média .....                     | 14 |
| 3.2.10- Doenças mais frequentes no Lubango .....                      | 15 |
| 3.3- Recolha e Caracterização das Amostras .....                      | 17 |
| 3.3.1- Medição de Parâmetros Magnéticos .....                         | 22 |
| 3.3.2- Determinação da Massa.....                                     | 23 |
| 3.4- Resultados e Discussão.....                                      | 23 |
| 3.4.1- Magnetização Remanescente Natural (MRN) .....                  | 24 |
| 3.4.2- Magnetização Remanescente Isotérmica (MRI).....                | 26 |
| 3.4.3- Magnetização Remanescente Isotérmica Diária .....              | 27 |
| 3.4.4- Comparação destes resultados com os anteriores .....           | 31 |
| 4-CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....                                     | 33 |
| BIBLIOGRAFIA.....   | 35 |
| GLOSSÁRIO .....   | 37 |

# ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Locais das Amostras. ....   | 8  |
| Figura 2. Enquadramento de Lubango. ....                                    | 9  |
| Figura 3. Esquema Estrutural de Lubango. ....                               | 10 |
| Figura 4. Velocidade média do vento Lubango. ....                           | 12 |
| Figura 5. Colocação das Espojas Sintéticas. ....                            | 18 |
| Figura 6. Colocação das Espojas Sintéticas. ....                            | 18 |
| Figura 7. Colocação das Espojas Sintéticas. ....                            | 19 |
| Figura 8. Magnetometro fluxgate rotativo da Molpsin. ....                   | 22 |
| Figura 9. Magnetizador Molpsin do Departamento de Ciências da Terra. ....   | 22 |
| Figura 10. Balança Sartorius. ....  | 23 |
| Figura 11. Magnetização Remanescente Isotérmica Diária. Época Seca. ....    | 28 |
| Figura 12. Magnetização Remanescente Isotérmica Diária. Época Chuvosa. .... | 29 |
| Figura 13. Comparação MRI diária entre a época seca e chuvosa. ....         | 30 |

## ÍNDICE DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1. Composição dos combustíveis .....   | 14 |
| Tabela 2. Veículos matriculados.. .....   | 14 |
| Tabela 3. Estimativas de veículos por ano de fabrico.. .....                          | 14 |
| Tabela 4. Veículos em Circulação.....   | 15 |
| Tabela 5. Doenças mais frequentes no Lubango.....                                     | 16 |
| Tabela 6. Doenças mais frequentes no Lubango no 1º trimestre de 2013.....             | 17 |
| Tabela 7. Caracterização dos Locais das Amostras. ....                                | 20 |
| Tabela 8. Magnetização Remanescente Natural (MRN) e Massa das Amostras. ....          | 24 |
| Tabela 9. Parâmetros estatísticos da Magnetização Remanescente Natural. ....          | 25 |
| Tabela 10. Análise t para testagem da MRN.....  | 25 |
| Tabela 11. Magnetização Remanescente Isotérmica da Época Seca. ....                   | 26 |
| Tabela 12. Magnetização Remanescente Isotérmica. (Época Chuvosa). ....                | 27 |
| Tabela 13. Magnetização Remanescente Isotérmica diária. (Época seca e chuvosa). ....  | 28 |
| Tabela 14. Dados estatísticos da MRI diária.....                                      | 30 |
| Tabela 15. Análise t para testagem da MRI diária.. .....                              | 31 |
| Tabela 16. Comparação dos resultados de MRI diária deste estudo com os de Kaula. .... | 32 |

## **ABREVIATURAS**

**Am<sup>2</sup>Kg<sup>-1</sup>:** Amperes por quilogramas

**AZI:** Antiga Zona Industrial

**CFC:** clorofluorcarbonetos

**CFM:** Caminhos de Ferro de Moçamedes

**COV:** Compostos orgânicos voláteis

**DDA:** Doenças diarreicas agudas

**DDR:** Doenças diarreicas respiratórias

**DPICTH:** Direção Provincial da Indústria Comércio e Hotelaria da Huila

**EMADEL:** Empresa de Madeira Limitada

**Idem:** Do mesmo autor já citado anteriormente

**ISCED:** Instituto Superior de Ciências de Educação

**MIN:** Magnetização induzida natural

**MP<sub>10</sub>:** Material particulado com diâmetro inferior a 10 manómetros

**MP<sub>2,5</sub>:** Material particulado com diâmetro inferior a 2,5 manómetros

**MRA:** Magnetismo remanescente anistérica

**MRI<sub>1T</sub>:** Magnetização remanescente isotérmica a 1 tesla

**MRI:** Magnetização remanescente isotérmica

**MRN:** Magnetização remanescente natural

**MRT:** Magnetização remanescente térmica

**NZI:** Nova zona industrial

**PDL:** Plano diretor do Lubango

**RGH:** Relatório do Governo da Huila

**S.d:** Sem data

**S.e:** Sem editora

**S.l:** Sem local

**Sinfic:** Sistema de Informação Integrada e consultoria

**UTM:** Universal transference mercator

**ZIBV:** Zona industrial da boa viagem.

## **1- INTRODUÇÃO**

A exploração de recursos naturais resultantes da expansão urbana, bem como a industrialização e o crescimento da circulação rodoviária, têm lançado alguns poluentes sobre o solo, a água e a atmosfera. A poluição da atmosfera, pode alterar a camada de ozono e efeito de estufa que contribuem para o aquecimento global e é originado pela emissão de poluentes como: óxidos de azoto e de enxofre, monóxido e dióxido de carbono, clorofluorcarbonetos e material particulado (MP).

A poluição por partículas é um problema que influencia diretamente a qualidade de vida das populações e em particular do ser humano, provocando doenças e problemas ambientais que são fortemente estimuladas pela sua granulometria. Destacando as partículas com diâmetro inferior a 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) conhecidas como inaláveis e nocivas, particularmente para os que sofrem de doenças respiratórias. (Gomes, 2008).

Não obstante, a realização de um estudo de poluição por partículas na Cidade do Lubango baseado nas propriedades magnéticas dos materiais, aparece como medida de mitigação dos níveis de poluição, desenvolvido através da recolha de amostras de sedimentos nos parapeitos das janelas, passeios, rodapés e a fixação de colectores sintéticos em várias superfícies de contactos existentes.

A área em estudo caracteriza-se por uma atividade industrial elevada, possui 1.500.000 habitantes e um tráfego rodoviário muito intenso, estradas não asfaltadas, destaca-se ainda a mineração, a exploração de areiros e a fabricação de tijolos de adobe em qualquer espaço livre ao longo da comuna sede. Contribuem para elevar significativamente os níveis de poluição por partículas na Cidade. (PDL, Julho 2004).

### **1.1- Fundamentação**

A poluição do ambiente é um dos problemas mais graves resultantes da ação do Homem na tentativa incansável ao desenvolvimento económico, pelo que devem ser aplicadas medidas rigorosas para eliminar ou minimizar os seus efeitos. (Lei de Base do Ambiente, Junho 1998; pp.10).

Atualmente, os problemas de impactes ambientais têm estado a merecer cada vez mais a preocupação das autoridades quer a nível local, regional, nacional como global, pois o Homem tem mostrado grande interesse apenas na exploração dos recursos naturais com o objetivo meramente económico, deixando de parte os fatores adversos que esta exploração acarreta, sendo necessário fazer uma avaliação ambiental estratégica. Contudo, de um tempo a esta parte, o Homem tem vindo a preocupar-se em promover a qualidade das populações e do ambiente. Por isso, surgiu, a realização deste trabalho, constitui uma grande importância para estudos de poluição por partículas na Cidade de Lubango.

## 1.1- Objetivos

Para realização do presente trabalho foram propostos os seguintes objetivos.

- **Geral:** Avaliar os níveis de poluição por partículas na área urbana e suburbana da Cidade de Lubango;
- ✓ **Específicos:**
  - 1-Comparar os níveis de poluição por partículas da estação seca e húmida, zona urbana com a suburbana e depois com os resultados de Kaula (2011);
  - 2-Definir as origens das poeiras recolhidas, naturais ou antropogênicas;
  - 3-Identificar as áreas com maior índice de poluição por partículas;
  - 4-Characterizar a composição química, mineralógica, bem como a granulometria das partículas;

## 2-ENQUADRAMENTO TÉORICO

### 2.1- Poluição Atmosférica

É a presença de contaminantes em altas concentrações capazes de provocarem alterações nas propriedades químicas da atmosfera, normalmente têm um carácter tóxico e são de origem antropogénicas, quer seja direta ou indiretamente. (Gomes, 2010).

### 2.2- Principais Poluentes Atmosféricos

Os principais poluentes atmosféricos são: óxidos de enxofre e de azoto, monóxido de carbono, ozono troposférico, compostos orgânicos voláteis (COV), dióxido de carbono, clorofluorcarbonetos (CFC), matéria particulada. E podem ser classificados de acordo com:

- **Estado Físico:** Material particulado, gases e vapores
- **Classe Química:** Poluentes orgânicos e poluentes inorgânicos.

Material particulado: são partículas sólidas e líquidas emitidas por fontes de poluição do ar, podendo também se formar na atmosfera. Quando dispersas, formam os aerossóis e classificam-se de acordo os métodos de formação:

Poeiras - aerossóis de partículas sólidas, formadas por processos de desintegração mecânica: moagem, britagem, entre outros. (Gomes, 2010).

Fumos - aerossóis de partículas sólidas formadas por condensação ou sublimação de substâncias gasosas originadas da vaporização/sublimação de sólidos. (Idem).

Névoas - partículas líquidas produzidas por condensação ou por dispersão de um líquido. (Idem).

### 2.3- Partículas

As partículas são uma mistura de substâncias líquidas e sólidas em suspensão na atmosfera, conhecidas também como aerossóis e provêm de fontes diversas como automóveis, camiões, siderurgias, fábricas de cimento, celulose e lixeiras municipais. (Lecoanet. *etal.*, 2003). O seu tamanho e composição dependem das suas fontes de emissão. Os vulcões, desertos e oceanos são considerados como as maiores fontes naturais de emissões de partículas, enquanto os veículos automóveis, indústrias, queima

de biomassa, mineração, fabrico de cimentos, queima de resíduos hospitalares são as fontes de partículas antropogênicas. (Gomes, 2010).

Em geral as partículas dividem-se em dois grupos: grandes com diâmetro entre 2,5 e 30  $\mu\text{m}$  (conhecidas de tipo grosseiro), resultam de combustões descontroladas, dispersão mecânica do solo ou outros materiais da crosta. (Simões, 2001; Braga *et al.*, 2004). Merecem destaque neste grupo, as partículas inaláveis com diâmetros entre 2,5 e 10  $\mu\text{m}$  (MP10). A ênfase destas partículas, não se prendem pela sua composição química, mas com a facilidade de atingirem as vias respiratórias inferiores, podendo aumentar a severidade de problemas respiratórios e aumentar a frequência de bronquite crónica, aumento de risco de cancro do pulmão e morte prematura. (Gomes, 2010).

As partículas finas, pode ser derivadas da combustão de fontes móveis e estacionárias, como automóveis, incineradoras e centrais termoelétricas. Apresentam um diâmetro inferior a 2,5  $\mu\text{m}$  (PM 2,5), têm maior grau de acidez e capacidade de atingir as vias respiratórias inferiores, prejudicando as trocas gasosas. (Matzka and Maher, 1999; Simões, 2001; Braga *et al.*, 2004).

As partículas do ar são naturalmente removidas por queda livre por ação da gravidade, designada por sedimentação. As mais pequenas, menores de 1 $\mu\text{m}$  (argila fina) têm um período de vida mais longo na atmosfera. (Gomes, 2010).

## **2.4- Efeitos da Poluição por Partículas no Ambiente**

A poluição das poeiras minerais pode causar grandes impactes sobre os sistemas da atmosfera, terra e oceanos. Os aerossóis minerais podem alterar a temperatura da Terra através de mecanismos forçantes, diretos e indiretos, do clima. O impacte direto dos aerossóis reflete-se sobre balanço energético da Terra, já que os aerossóis refletem e absorvem a radiação solar de onda curta visível e absorvem a radiação terrestre de onda larga, conhecidos como raios infravermelhos. De forma indireta, os aerossóis servem como núcleos de condensação influenciando as propriedades óticas das nuvens, um aumento do número de aerossóis origina uma subida do albedo das nuvens, aumentando o número de gotículas e o tempo de vida da nuvem. (Buseck *et al.*, 2000).

As poeiras aumentam o albedo planetário nas superfícies escuras, como os oceanos, e diminuem o albedo nas superfícies claras, tais como: desertos e zonas cobertas por neve. (Idem).

Os aerossóis minerais também constituem uma ameaça para o ciclo biogeoquímico pois, contendo ferro depositado pode constituir uma fonte principal de ferro nos oceanos. A deposição de poeiras nos oceanos proporciona quantidades consideráveis de nutrientes às águas superficiais e; as poeiras aerotransportadas contêm apreciáveis quantidades de ferro que contribuem para aumentar a produtividade do plâncton estimulando a fixação de  $N_2$ . (Courtney. et al., 2003).

## **2.5- Magnetismo Ambiental**

O conceito de magnetismo resultou do nome de Magnésia, cidade da Ásia Menor (actual Turquia), onde existia na antiguidade um minério a que chamava-se magnetite (pedra-ímã ou pedra magnética) que possuía a propriedade de atrair objetos ferrosos à distância (sem contacto físico).

Magnetização: é a intensidade magnética, ou magnetização  $J$ , de um material é o valor do momento magnético por unidade de volume.

### **2.5.1- Propriedades magnéticas dos minerais e campos magnéticos**

A suscetibilidade magnética varia grandemente para um mesmo tipo de rocha e depende principalmente do tamanho de grão, da mineralogia e da temperatura. A resposta dos materiais aplicados a um campo magnético depende das suas propriedades e, por isso, podem classificar-se em diamagnetismo, paramagnetismo, ferromagnetismo, ferrimagnetismo e antiferromagnetismos. O campo magnético é uma grandeza vetorial e a unidade base do SI é o tesla (T).

**Diamagnetismo** - é caracterizada por uma pequena suscetibilidade magnética negativa e independente da temperatura, ou seja a magnetização induzida por um campo externo é contrária e proporcional ao campo. O quartzo, a madeira e água são exemplos destes minerais. (Thompson and Oldfield, 1986; Mendiratta, 1995; Maher and Thompson, 1999).

**Paramagnetismo** – distingue-se por uma suscetibilidade positiva e pequena, dependendo de sua origem tem uma forte dependência com a temperatura e tendem a ser atraídos por campos magnéticos fortes, são ricos em ferro e manganés. Exemplo: a pirite, carbonatos de ferro e manganés. (Thompson and Oldfield, 1986; Mendiratta, 1995; Maher and Thompson, 1999).

**Ferromagnetismo**- define-se por ter uma magnetização espontânea abaixo de uma temperatura, isto só é possível se existir algum tipo de interação entre os momentos magnéticos atômicos que os ordena direccionalmente resultando em um momento magnético total não nulo. Os principais minerais ferromagnéticos são: ferro nativo, níquel e cobalto. (Idem).

**Ferrimagnetismo**- apresenta uma magnetização espontânea abaixo de uma temperatura crítica. Esta não corresponde à magnetização de saturação esperada para os iões paramagnéticos constituintes, correspondendo ao alinhamento paralelo destes quando  $T \rightarrow 0$ . A magnetite, maghemite e pirotite monoclinica são os exemplos mais comuns. (Idem).

**Antiferromagnetismo**- são aqueles que não têm uma magnetização espontânea macroscópica a baixas temperaturas. Abaixo de uma temperatura crítica  $T_N$ , a Magnetização e a suscetibilidade diminuem com a temperatura tendendo a zero. Acima de  $T_N$  o comportamento é de um para magneto com uma temperatura de Curie Weiss negativa. Este comportamento que foi previsto por Neel é devido a um acoplamento antiparalelo de momentos magnéticos iguais e vizinhos e foi confirmado por experimentos de difração de neutrões. Os exemplos típicos são a ilmenite e a hematite. (Idem).

### 2.5.2- Magnetização Remanescente

Todos os materiais, rochas, sedimentos, solos e outros, podem possuir magnetização remanescente através de processos naturais, à qual se dá o nome de magnetização remanescente natural (MRN). No laboratório, adquire-se dois tipos de magnetização: A magnetização remanescente isotérmica (MRI) e a magnetização remanescente anistérmica (MRA).

### **2.5.3- Magnetização Ambiental Aplicada ao Estudo de Poluição**

O Magnetismo ambiental é uma metodologia que se baseia nas propriedades magnéticas dos materiais, nasce na década de 80 com o aparecimento das ciências ambientais nos anos 60. Constitui um processo importante para monitorização dos níveis de poluição por partículas e permite relacionar os parâmetros magnéticos com a concentração de matéria particulada, as dimensões das partículas e com a concentração de elementos químicos tóxicos.

O estudo de poluição através da magnetização das poeiras é uma das áreas de interesse do magnetismo ambiental, visto como um método eficaz, não poluente, de custo razoável e não destrutivo, o que permite a posterior utilização das amostras em ensaios químicos, isotópicos ou bioestratigráficos. (Dekkers, 1997, Maher e Thompson, 1999).

O número de parâmetros magnéticos que é possível determinar para caracterizar as propriedades magnéticas de uma amostra e a partir delas explorar a sua mineralogia magnética é elevado. Na prática, verifica-se que o número de parâmetros magnéticos necessário para conhecer e caracterizar uma amostra é relativamente pequeno. Para uma melhor caracterização é usual utilizar relações ratios entre alguns parâmetros (Thompson and Oldfield, 1986, Maher and Thompson, 1999).

Os valores da suscetibilidade magnética informam sobre os minerais que podem ser encontrados nas rochas, solos, poeiras, e em especial, nos minerais com ferro, logo a suscetibilidade magnética proporciona informações semelhantes às fornecidas pelas técnicas mineralógicas tais como difracção de raios X, análise de elementos químicos tóxicos, entre outras. Portanto, os valores da suscetibilidade magnética permitem:

- Identificar os minerais com ferro presentes na amostra;
- Calcular a sua concentração ou volume totais;
- Classificar diferentes tipos de materiais;
- Identificar o processo de formação e transporte dos materiais. (Dearing, 1999).

A medição da suscetibilidade magnética é muito simples e apresenta algumas vantagens correlação a outras técnicas analíticas, tais como: efetuar medições no laboratório, no campo e em qualquer tipo de material e funcionar como complemento de outro tipo de análises.

### 3-MAGNETISMO AMBIENTAL EM LUBANGO-ANGOLA

#### 3.1- Método e Técnicas

Para responder aos objetivos traçados foram definidos os seguintes métodos e técnicas:

- Consulta Bibliográfica, onde foi efetuado o levantamento dos conteúdos que permitiram dar um suporte prático a investigação;
- Recolha das amostras de poeiras e esponjas sintéticas: foram utilizadas fotografias áreas do Google earth (figura 1) e GPS que serviram de apoio para localização, delimitação, cotagem e tirar as coordenadas em UTM dos locais das amostragens.
- Medição dos parâmetros magnéticos (MRN;  $MRI_{1T}$ ; MRI diária ratios  $S_{-12,5}$ ;  $S_{-25}$ ;  $S_{-100}$  e  $S_{-300}$ ) e a massa das amostras;
- Análise estatística;
- Produção de mapas indicando os níveis de poluição;

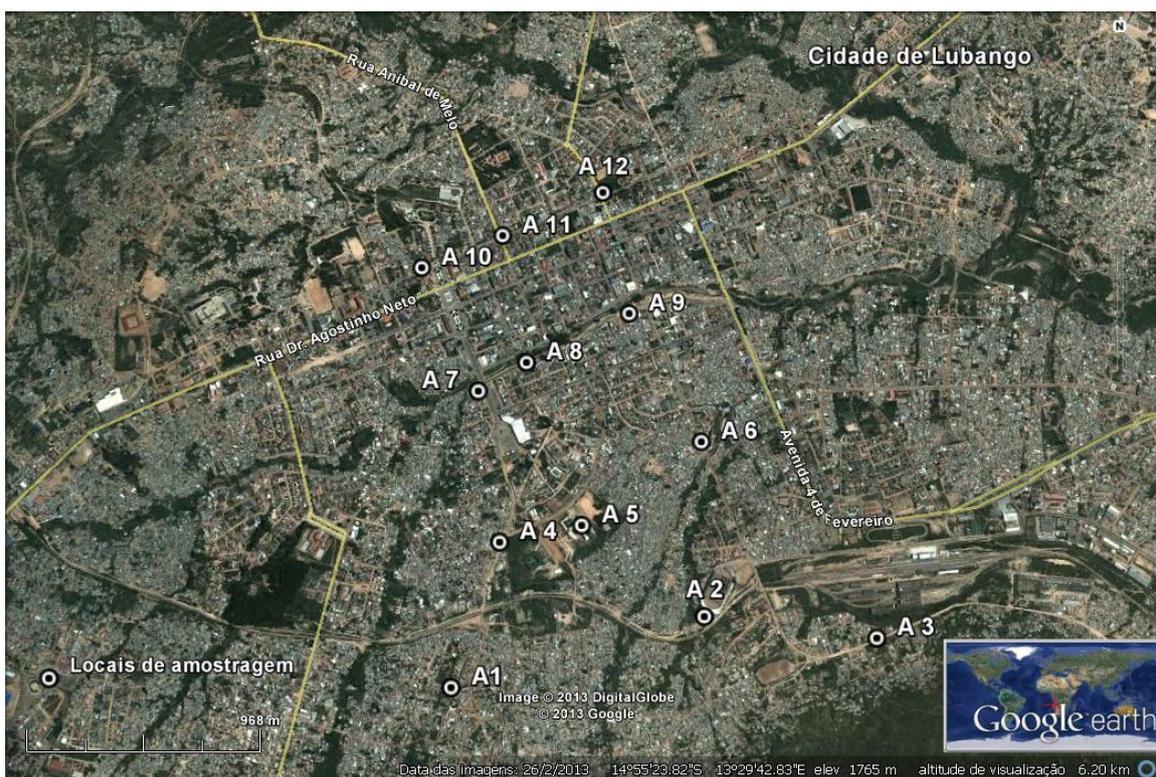


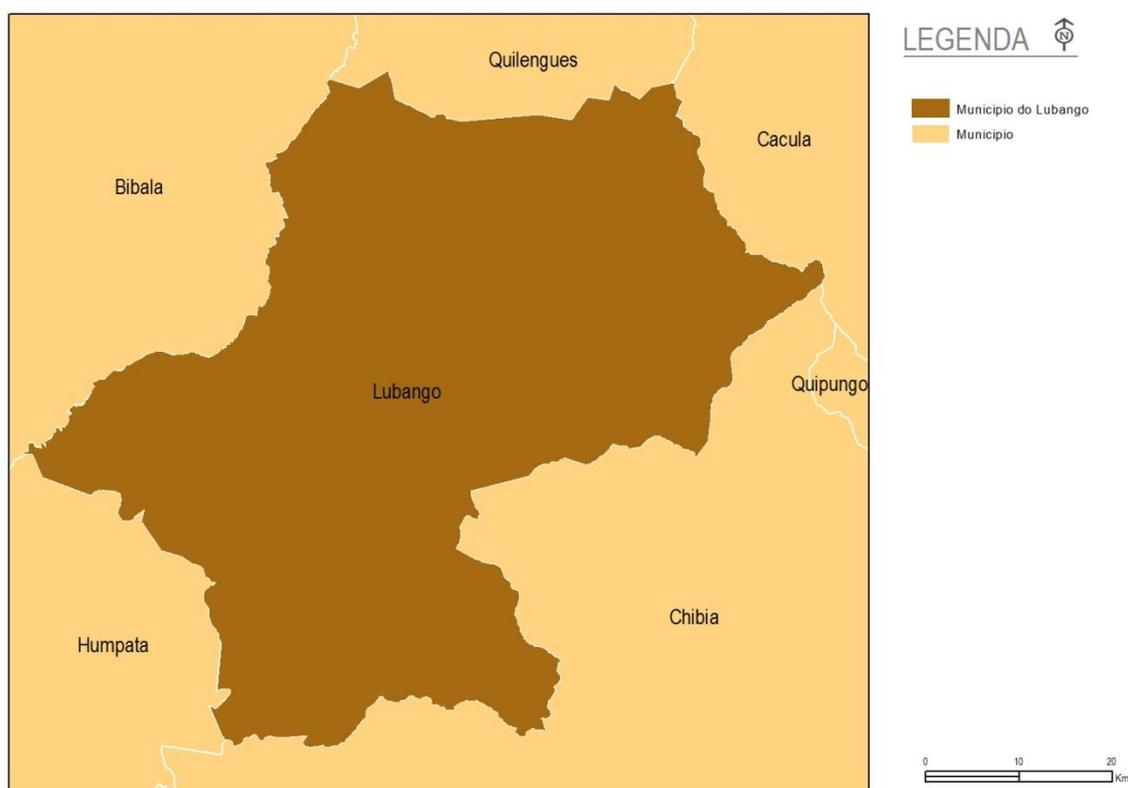
Figura 1. Locais das Amostragens. (Google earth, 2013).

## 3.2- Caracterização da Área em Estudo

### 3.2.1- Geográfica e Administrativa

Lubango, é um dos 14 Municípios da Província da Huíla, possui 5 Comunas, nomeadamente Lubango a capital, Huíla, Arimba, Hoque e Quilemba. Tem uma latitude de 14° 58' e 13° 29' de longitude o que dá uma amplitude de 1786 m. A sua população está estimada em 1.500,000 habitantes a densidade populacional de 51 hab/km<sup>2</sup>. (PDL, Julho 2004).

É confinada a norte e nordeste pelo Município de Quilengues e Cacula a este pelo Município de Quipungo, a sul pelos Municípios de Chibia e Humpata, a Oeste pelo Município da Bibala. (Figura 2). (PDH, Abril 2009).

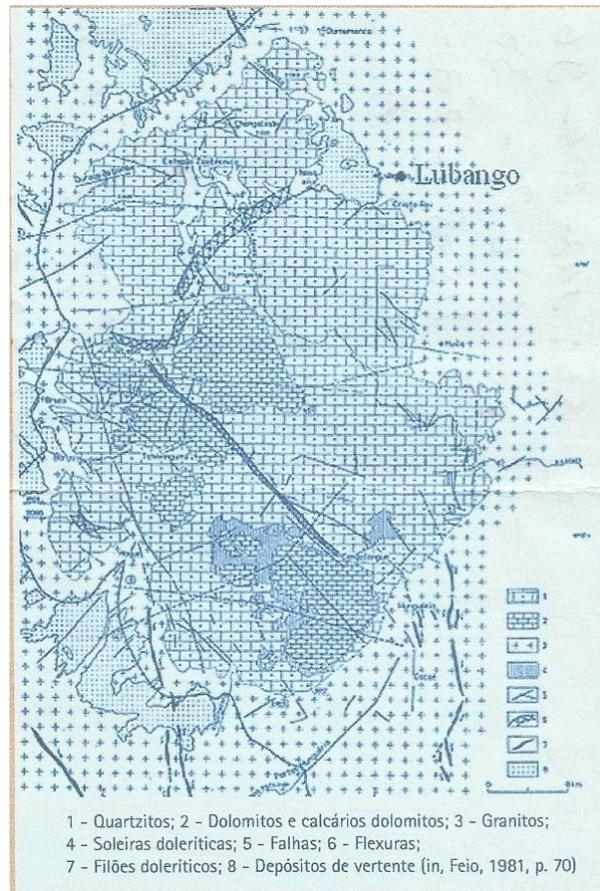


**Figura 2.** Enquadramento de Lubango. (Alberto, Y. Novembro 2012).

### 3.2.2- Geologia

As rochas da Cidade do Lubango podem agrupar-se, segundo a sua génese em rochas eruptivas ou ígneas, sedimentares e metamórficas. Os granitos são rochas ígneas ou magmáticas e é sobre eles que a cidade do Lubango se localiza. Além destes, existem

outras rochas que, pela forma como estão dispostas, condicionam a evolução de algumas formas de relevo da cidade. (Figura 3).



**Figura 3.** Esquema Estrutural de Lubango. (PDL, Julho 2004).

Os quartzitos ocupam 4,7% da área da comuna sede do Lubango. Estes constituem potenciais áreas de aquíferos pelo facto de se apresentarem como formações permeáveis dispostas sobre os granitos impermeáveis. (PDL, Julho 2004).

### 3.2.3- Clima

O Lubango está situado à latitude 14° Sul, na faixa tropical influenciada pela zona dos anticlones subtropicais a sul e a zona das baixas pressões inter tropicais a norte.

A latitude, a corrente fria de Benguela e a altitude são também fatores com importância na medida em que influenciam o clima da região que enquadra o Lubango. A influência da latitude manifesta-se na uniformidade da duração dos dias ao longo do ano, na pequena variação da obliquidade dos raios solares ao meio-dia e na diminuição da

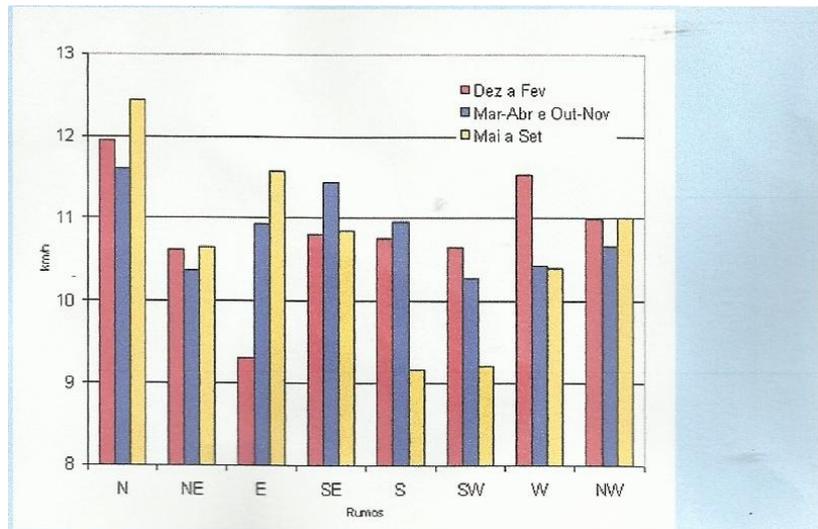
precipitação à medida que nos afastamos do equador. A corrente fria de Benguela torna a atmosfera estável até uma altitude considerável, inibindo os movimentos convectivos das massas de ar e, conseqüentemente, a formação de nuvens capazes de provocar precipitação. A distância ao mar e a altitude atuam sobretudo na vertente ocidental do planalto, concordante com a linha de costa, que capta grande parte do ar húmido proveniente do atlântico. A temperatura média anual é de 17,3°C e a humidade relativa média anual correspondem a 50%. (PDL, Julho 2004).

### **3.2.4- Precipitação**

Na Cidade de Lubango a época das chuvas decorre normalmente de outubro à abril, e o máximo de precipitação ocorre em Março com 188,6 mm. A época seca é de 5 meses e vai de Maio a Setembro com quantitativos de precipitação que não ultrapassam os 6.3 mm médios mensais em Maio. Nos meses de junho e julho é rara a queda de precipitação. A pluviosidade média anual é de 1.468,1mm. (Idem).

### **3.2.5- Vento**

Optou-se por dividir o ano em três períodos distintos: o primeiro de Dezembro a Fevereiro é caracterizado por uma forte componente de vento Norte (em 18% das situações); o segundo englobando os meses de Março, Abril, Outubro e Novembro, o vento sopra maioritariamente de Sueste (com uma frequência de 17%); e o terceiro e último período considerado, engloba o maior número de meses de Maio a Setembro, os ventos predominantes sopram da direção Este (20%) e Sueste (17%). Quanto à velocidade do vento, a variabilidade sazonal nos diferentes rumos é muito fraca, com valores que nunca atingem valores inferiores a 9 ou superiores a 12,5 km/h. Como se verá adiante, os dados obtidos para a variável vento são importantes para a determinação de novas áreas industriais e para o estabelecimento de normas de carácter ambiental para atividades deste ramo figura 4. (PDL, Julho 2004).



**Figura 4.** Velocidade média do vento Lubango. (Idem).

### 3.2.6- Exploração de Inertes

A Cidade do Lubango, como já foi dito, assenta-se essencialmente em rochas graníticas que viabilizou o aparecimento de duas explorações de inertes, uma em exploração e a outra em abandono, nas quais se constatou que a remoção do coberto vegetal, acentuou a erosão dos solos, tornando-os mais vulneráveis à atuação dos agentes erosivos. A pedreira em funcionamento localiza-se no Bairro Comandante Cowboy, no limite Sudoeste da comuna sede do Lubango, enquanto a outra, já inativa, situada na base da vertente do Cristo Rei, no bairro Comandante Joaquim Kapango. (PDL, Julho 2004).

Os areeiros são outra forma de exploração de recursos naturais e encontram-se um pouco por toda a comuna sede. Sendo a maioria das habitações da cidade feitas de adobe, qualquer terreno arenoso livre serve como fonte de matéria-prima para o fabrico de tijolos de adobe. Estão localizados, na sua maioria, ao longo dos cursos de água ou em vertentes arenosas desprovidas de vegetação. Apesar de terem menor dimensão que as pedreiras, as suas consequências, a nível de erosão, podem ser também consideráveis, como é o caso do areeiro localizado a noroeste do aeroporto da cidade. (Idem).

### **3.2.7- Unidades Industriais de Lubango**

O sector industrial encontra-se atualmente disperso pela cidade, sendo possível identificar 4 grandes áreas de localização industrial: a Antiga Zona Industrial (AZI), a Nova Zona Industrial conhecida como Zona Industrial da Boa Viagem onde podemos encontrar a fábrica de plásticos, vidreira, painéis e plásticos, alumínio, chapas de zinco e Guloseimas Infantis. O Complexo Coca-Cola/N'gola na antiga zona industrial da Mapunda e um conjunto de unidades industriais disseminadas pelo tecido urbano tais como: a Sociborda (confeções), fabrico de gelo, matadouro, fábrica de gases, carpintaria, tintas de água, alumínio e produção de blocos de cimento.

Segundo a DPICHT as atividades industriais classificam-se em 3 grandes grupos:

- Ramo alimentar – constituído pela indústria de bebidas (cervejeiras, refrigerantes, sumos naturais, água mineral e de mesa, fermentadas e espirituosas), moagens (milho, trigo, massas e bolachas) e de conservas (frutas e legumes, salsicharias e laticínios);
- Ramo ligeiro – compreende as unidades de artes gráficas, plásticos e tintas, colchões e calçados e materiais de construção. Exclui-se deste grupo a “indústria de recauchutagem”, pelo facto de constituir uma prestação de serviço;
- Ramo pesado - composto por unidades de metalurgia e empresas de manutenção. (Huila. *RGP*, 2004).

### **3.2.8-Composição química dos combustíveis**

Os combustíveis são compostos essencialmente por monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos nitrosos, enxofre e fuligem, variando de percentagem de acordo o tipo de combustível. Por baixo são indicadas a composição química da gasolina, diesel e do gás natural. (Tabela 2). (Cláudio.; Kruger.; Ferreira.; M. *Poluição do Ar*. Brasil. [S.d]).

**Tabela 1.** Composição dos combustíveis. (Cláudio.;Kruger. Ferreira.;M. *Poluição do Ar*. Brasil. [S.d]).

| Combustível | Monóxido de Carbono | Hidrocarbonetos | Óxidos Nitrosos | Enxofre | Fuligem |
|-------------|---------------------|-----------------|-----------------|---------|---------|
| Gasolina    | 2,7                 | 2,7             | 1,2             | 0,22    | 0,21    |
| Diesel      | 17,8                | 2,9             | 13,0            | 2,72    | 0,81    |
| Gás natural | 6,0                 | 0,7             | 1,1             | 0       | 0       |

### 3.2.9-Veículos em circulação e idade Média

A cidade de Lubango possui 9415 veículos matriculados, existindo, no entanto, outros em circulação, matriculados noutras Províncias, principalmente em Kunene, Luanda, Namibe, Huambo e Benguela que não entram nas estimativas (Tabela 2).

**Tabela 2.** Veículos matriculados. Adaptado de Lubango-Aviação e Trânsito (Abril, 2013).

| Veículos Matriculados   | Número | Ano de Fabrico |
|-------------------------|--------|----------------|
| Motociclos              | 530    | 2010           |
| Ligeiros Pesados        | 990    | 2011           |
| Ligeiros Mistos         | 1550   | 2012           |
| Ligeiros de Passageiros | 970    | 2013           |
| Pesados de Mercadoria   | 595    | 0              |

**Tabela 3.** Estimativas de veículos por ano de fabrico. Adaptado de Lubango-Aviação e Trânsito. (Abril, 2013).

| Ano de fábrica | Veículos | Motociclos (N) |
|----------------|----------|----------------|
| 2010           | 630      | 320            |
| 2011           | 850      | 690            |
| 2012           | 3750     | 2300           |
| 2013           | 3000     | 2000           |

Para compensar as lacunas em termos de veículos em circulação na Cidade de Lubango são apresentados na tabela 5, a média da circulação de automóveis feitas nas Avenidas

do Aeroporto, entroncamento da nossa Sra. Do Monte, entroncamento da N'gola, entroncamento da Mitcha e rotunda do João de Almeida, durante os dias de semana e fins de semanas das 6 as 22 horas em três categorias veículos ligeiros, pesados e motociclos. (Lubango. Sinfic Setembro, 2012).

**Tabela 4.** Veículos em Circulação. **Negrito** – total diário; **Negrito** – total semanal. Adaptado de Lubango Sinfic. (Setembro, 2012).

| Hora         | Dias de Semana |             |              | Fim-de-semana |             |              | Total Semanal |
|--------------|----------------|-------------|--------------|---------------|-------------|--------------|---------------|
|              | Ligeiros       | Pesados     | Motociclos   | Ligeiros      | Pesados     | Motociclos   |               |
| 6 a 7        | 3146           | 446         | 2110         | 924           | 138         | 590          | <b>7355</b>   |
| 7 a 8        | 6753           | 673         | 3387         | 1494          | 142         | 907          | <b>13356</b>  |
| 8 a 9        | 6798           | 721         | 3702         | 1770          | 149         | 1063         | <b>14204</b>  |
| 9 a 10       | 7197           | 738         | 3370         | 2145          | 160         | 1074         | <b>14684</b>  |
| 10 a 11      | 6742           | 705         | 3080         | 2215          | 170         | 983          | <b>13897</b>  |
| 11 a 12      | 6944           | 732         | 3846         | 2178          | 163         | 949          | <b>14812</b>  |
| 12 a 13      | 6971           | 718         | 2814         | 2193          | 149         | 932          | <b>13777</b>  |
| 13 a 14      | 6006           | 650         | 2467         | 1766          | 126         | 766          | <b>11781</b>  |
| 14 a 15      | 6208           | 621         | 2639         | 1914          | 147         | 857          | <b>12385</b>  |
| 15 a 16      | 6626           | 659         | 2754         | 1857          | 140         | 730          | <b>12767</b>  |
| 16 a 17      | 7169           | 706         | 2804         | 2181          | 148         | 789          | <b>13796</b>  |
| 17 a 18      | 7221           | 648         | 3217         | 2190          | 131         | 876          | <b>14283</b>  |
| 18 a 19      | 6614           | 676         | 2718         | 1933          | 114         | 873          | <b>12928</b>  |
| 19 a 20      | 5083           | 443         | 2038         | 1821          | 112         | 649          | <b>10145</b>  |
| 20 a 21      | 3378           | 283         | 1225         | 1358          | 68          | 379          | <b>6691</b>   |
| 21 a 22      | 2078           | 175         | 503          | 795           | 42          | 136          | <b>3728</b>   |
| Total diário | <b>94934</b>   | <b>9594</b> | <b>42674</b> | <b>28734</b>  | <b>2097</b> | <b>12555</b> |               |

Durante os dias úteis, notam-se maior frequência de tráfego no período entre as 7 e 13 horas. Deste período até as antes as 15 horas verifica-se uma diminuição no tráfego rodoviário e das 15 as 18 horas a circulação rodoviária volta a aumentar significativamente. Ao fim de semana o número de veículos sofre uma redução substancial a maior circulação ocorre entre as 9 e 12 horas.

### 3.2.10- Doenças mais frequentes no Lubango

As doenças mais frequentes no Lubango são, em todas as épocas: a malária, as doenças diarreicas agudas (DDA), das quais fazem parte a cólera, a disenteria bacilar e a disenteria com sangue e as doenças respiratórias agudas (DRA) como a gripe, a constipação, a pneumonia e a asma. Estas últimas têm maior frequência na época

chuvosa. Evidenciam-se ainda a febre tifóide, a bilharziose, a tosse convulsa, a má nutrição e o sarampo ver tabela 6 e 7. (Lubango. Saúde Pública. Abril, 2013).

Para uma melhor compreensão das doenças que afetam as populações, fez-se um levantamento do ano de 2012 e do 1º trimestre de 2013. No ano de 2012, as doenças mais frequentes foram as diarreicas agudas, as respiratórias agudas e a malária. Em 2013, foram a malária, diarreicas agudas e respiratória aguda, apresentaram maior incidência. Todas estas doenças são provocadas ou ampliadas por falta de um saneamento básico adequado, como a falta de recolha de resíduos sólidos urbanos, contaminação das águas e levantamentos de poeiras em grandes quantidades.

**Tabela 5.** Doenças mais frequentes no Lubango. Adaptado de Lubango Saúde Pública. (Abril, 2013).

| Doença             | Número de doentes (2012) | Número de doentes (2013) |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|
| Diarreica aguda    | 14199                    | 5277                     |
| Respiratória aguda | 28961                    | 10730                    |
| Malária            | 41996                    | 12894                    |
| Má Nutrição        | 267                      | 90                       |
| Bilharziose        | 444                      | 190                      |
| Sarampo            | 22                       | 126                      |
| Total              | 27945                    | 47614                    |

Em relação as doenças mais frequentes, temos a salientar que houve aumento nos casos de DRA (2.593 casos), má nutrição (16 casos), sarampo (116 casos), bilharziose (11 casos), outras doenças (4192) e houve diminuição na malária (152 casos), DDA (1,416) casos, tosse convulsa (5 casos) e febre tifóide (42 casos). (Lubango. Saúde Pública. Abril, 2013).

**Tabela 6.** Doenças mais frequentes no Lubango no 1º trimestre de 2013. Adaptado de Lubango Saúde Pública. (Abril, 2013).

| Doenças         | Casos Anteriores | Casos Novos | Taxa de Morbilidade (%) |
|-----------------|------------------|-------------|-------------------------|
| Malária         | 13046            | 12894       | 27,08                   |
| Diarreica aguda | 6693             | 5277        | 11,08                   |
| Respiratória    | 8137             | 10730       | 22,5                    |
| Febre tifóide   | 768              | 726         | 1,5                     |
| Bilharziose     | 179              | 190         | 0,39                    |
| Tosse Convulsa  | 24               | 19          | 0,03                    |
| Má-nutrição     | 74               | 90          | 0,18                    |
| Sarampo         | 10               | 126         | 0,26                    |
| Outras doenças  | 13370            | 17562       | 36,8                    |
| Total           | 42301            | 47614       | 100                     |

### 3.3– Recolha e Caraterização das Amostras

Foram recolhidas 43 amostras em 12 locais designadas de A<sub>1</sub> á A<sub>12</sub> (figura 4): umas de poeiras e esponjas na época seca e outras na chuvosa, perfazendo 24 na época seca e 20 na época chuvosa. Para recolha das amostras utilizou-se esponjas sintéticas para captar as partículas com diâmetro mais pequenos e recolha nos parapeitos das janelas, rodapés e nos passeios estas permitiram mostrar partículas de diâmetro maior (figura 5,6 e 7). Em algumas áreas de amostragem recolheu-se poeira e esponja no mesmo local, enquanto noutros, isto não foi possível devido ao enquadramento possível que tinha de ser feito para se detetar locais com maior capacidade de acumulação de partículas e que dificilmente seriam varridas pelos populares são os casos das amostras A<sub>1</sub> no Bairro Sofrio, A<sub>3</sub> Santo António, A<sub>4</sub> Lucrécia e A<sub>6</sub> na Huíla Pão. Todas as amostras foram recolhidas depois de 15 dias. De 8 a 23 de Setembro de 2012 época seca e de 15 a 30 de Março de 2013 da época chuvosa.



**Figura 5.** Colocação das Espojas Sintéticas. (Clemente, M. Lubango 2012).

A figura 5 representa o local da amostragem no Bairro Lucrecia próximo da Huila Pão rua do estádio do Ferrovias tráfego muito intenso, sem passeios, esponja sobre uma parede e a poeira recolheu-se no passeio.



**Figura 6.** Colocação das Espojas Sintéticas. (Clemente, M. Lubango 2012).

Esta figura caracteriza o local da amostragem da avenida que encontra ao longo do rio Mukufi em frente a EMADDEL (Empresa de Madeira) a esponja está sobre a madeira.



**Figura 7.** Colocação das Espojas Sintéticas. (Clemente, M. Lubango 2012).

Amostra retirada na rua Dr. António Agostinho Neto em frente da Missão católica com um tráfego muito intenso e árvores ao se redor.

É de salientar que 58% correspondem a amostras em área urbana e 42% são correspondentes a área suburbana. Nos locais junto ao Bairro Santo António de atrás a Estação dos Caminhos de Ferro de Moçamedes (CFM), no Estádio do Ferrovia, no centro comercial Millenium, ISCED e em frente do Ex-centro da Unitel, não foi possível de recolher poeiras, devido a sua maior exposição ao vento e a chuva em relação as outras.

**Tabela 7.** Caracterização dos Locais das Amostragens.

Cada ponto da amostragem foi devidamente caracterizado, de acordo as suas especificidades. Recolheu-se amostras em 12 locais duas vezes, uma na época seca e outra na época chuvosa. Para o mesmo local foram recolhidas quatro amostras, sendo espoja e poeira na época seca e outra espoja e poeira na época chuvosa.

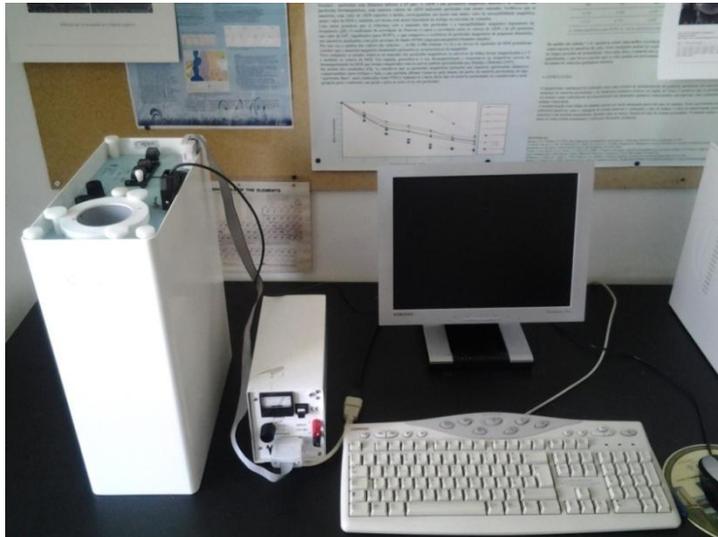
| Designação<br>Localização | Coordenadas Geográficas em UTM |           |              |                        | Caracterização do Local da Amostra   | Superfície de Contacto   |
|---------------------------|--------------------------------|-----------|--------------|------------------------|--|--|
|                           | Latitude                       | Longitude | Altitude (m) | Área (m <sup>2</sup> ) |  |  |
| A1 Bairro Sofrio          | 337580                         | 8348369   | 1818         | 0,12                   | Estrada não asfaltada com baixo tráfego automóvel, pinheiros e algumas fruteiras, serralharia e casas feitas de adobe, localiza-se a 1 metro da estrada.                   | A poeira foi retirada num passeio feito de blocos de cimento e a esponja colocou-se num posto de fibrocimento. |
| A2 Estádio do Ferrovia    | 338697                         | 8348660   | 1791         | 0,042                  | Estrada não asfaltada com tráfego intenso, casas feitas de adobe e de tijolo a 20 cm da estrada.   | A poeira foi extraída num passeio e a esponja colocada numa parede de tijolo rebocada e a 20 cm da rua.        |
| A3 Santo António          | 339398                         | 8348512   | 1809         | 0,089                  | Tráfego intenso com casas feitas de tijolo ao lado de uma padaria, a 200 metros da Estação dos Caminhos de Ferro de Moçamedes (CFM) e a 7 metros da estrada não asfaltada. | Esponja colocada sobre a janela de vidro e a poeira foi recolhida na parede.                                   |
| A4 Lucrecia               | 338798                         | 8349550   | 1745         | 0,51                   | Estrada não asfaltada, casa feitas de blocos e adobe, próxima da oficina de mecânica auto e próximo há muitos geradores em funcionamento.                                  | A poeira e a espoja foram retiradas na parede  |
| A5 Bairro Entrada         | 338203                         | 8349049   | 1773         | 0,11                   | Localiza-se a 200 metros da estrada asfaltada de tráfego intenso, vegetação formada por eucalipto e um campo de futebol pelado, próximo de um mercado informal.            | A poeira e a espoja foram retiradas na parede  |

**Tabela 7:** Caracterização dos Locais das Amostragens. (Continuação)

| Designação<br>Localização                         | Coordenadas Geográficas em UTM |           |              |                        | Caracterização do Local da Amostra   | Superfície de Contacto  |
|---|--------------------------------|-----------|--------------|------------------------|--|---|
|   | Latitude                       | Longitude | Altitude (m) | Área (m <sup>2</sup> ) |  |   |
| A6 Huíla Pão                                      | 338665                         | 8349415   | 1752         | 0,26                   | Tráfego muito intenso, estrada asfaltada e com algumas escavações devido a reabilitação da conduta de água as casas são de construção definitivas há muitos geradores na área e árvores, está a 2 metros da estrada.   | A espoja colocou-se sobre uma árvore e a poeira no passeio.                 |
| A7 Praça<br>Revolução de<br>Outubro               | 337715                         | 8349614   | 1764         | 1,8                    | Estrada asfaltada com o tráfego muito intenso, destacando-se um super mercado, farmácia, Cónica dos Chineses com muitos geradores e centro de reparação de geradores e electrodomésticos.  | A espoja retirou-se no poste de alumínio e a poeira na parede.              |
| A8 Em Frente a<br>Rádio 2000                      | 337844                         | 8349733   | 1761         | 0,21                   | Está a 3 metros da estrada asfaltada, de pouco tráfego porque a Avenida encontrava-se interdita e a 200 metros da outra estrada asfaltada com tráfego intenso, próximo do super mercado casa Com, oficina bate chapa, vegetação constituída por eucaliptos e capim elefante. | Espoja colocada no poste de fibrocimento e a poeira no parapeito da janela. |
| A9 Em Frente a<br>Emadel                          | 337844                         | 8349733   | 1761         | 0,056                  | Estrada asfaltada de tráfego intenso, passeios em reabilitação, ao lado do super mercado Marivel. Vegetação composta por capim elefante e eucaliptos, zona ribeirinha do Mukufi e prédios de 1 a andares.  | Espoja colocada sobre a madeira e a poeira na parede.                       |
| A10 Ao lado do<br>Isced                           | 338258                         | 8350532   | 1746         | 0,04                   | A 1 metro da estrada asfaltada de tráfego muito intenso, construções definitivas, árvores ao longo dos passeios e prédios de 2 andares.  | Esponja posta sobre árvore e a poeira na parede.                            |
| A11 Em Frente ao<br>Ex Centro da<br>Unitel (ADRA) | 337785                         | 8350317   | 1756         | 0,025                  | Está a 2 metros da estrada asfaltada de tráfego muito intenso, passeios não acabados, parque de estacionamento de viaturas, zona de depósito de resíduos sólidos e prédios de 3 a 5 andares.   | Esponja colocada no poste de Alumínio e poeira sobre a parede.              |
| A12 Missão<br>Católica                            | 337247                         | 8350056   | 1787         | 0,035                  | Está a 1,5 metros da estrada asfaltada com tráfego muito intenso e a 120 metros do campo de futebol pelado, árvores ao longo do passeio e arredores e um prédio de 10 andares.   | Esponja sobre a árvore e a poeira na parede.                                |

### 3.3.1– Medição de Parâmetros Magnéticos

Para medição da magnetização das amostras, recorreu-se ao magnetómetro fluxgate rotativo da Molpsin (figura 8). Os primeiros valores a serem determinados no magnetómetro antes da aplicação de qualquer campo no magnetizador correspondem a magnetização remanescente natural (MRN). Feita esta parte as amostras vão para o magnetizador Molpsin (figura 9), onde serão induzidas indicando o valor correspondente a serem aplicados (1 T, (tesla), -12,5mT, -25mT, -100mT e -300mT) e voltam para o magnetómetro, para medição da magnetização remanescente induzida e isotérmica (MRI), após a aplicação de cada campo. Todas medições foram feitas no laboratório de (Paleo)magnetismo no Departamento de Ciências da Terra da FCTUC no dia 23 de Maio de 2013.



**Figura 8.** Magnetómetro fluxgate rotativo da Molpsin.



**Figura 9.** Magnetizador Molpsin do Departamento de Ciências da Terra.

### 3.3.2-Determinação da Massa

Para determinar a massa das poeiras, as amostras foram embrulhadas numa película de plástico que foi medida antes com o valor de 0,7946g (fig. 10), este foi subtraída na das amostras, isto no caso das esponjas. Nas amostras de esponja, foram subtraídas as películas de plásticos e também o valor de 0,0688g correspondente a massa de papel do envelope onde as amostras estavam guardadas. A massa das amostras, foi determinada com uma balança Sartorius do Departamento de Ciências da Terra laboratório de radioactividade natural no dia 29 de Maio de 2013.



Figura 10. Balança Sartorius.

### 3.4-Resultados e Discussão

A exposição de alguns locais de amostragem a fatores externos como a chuva e o vento o que permitiu que em alguns locais eram facilmente lavados pelas chuvas, o que provocou o transporte dos poluentes acumulados e pouca disponibilidade de poeira para se transportar através da compactação dos solos, os ventos intensos com uma variação sazonal de 9 à 12,5 km/h e noutros de amostragem, a falta de obstáculos para reduzirem a velocidade do vento e aumentarem a capacidade de sedimentação dificultava a acumulação das partículas. Salienta-se ainda que as esponjas de recolha de partículas na época chuvosa foram postas a partir de 16 de Março período em que houve uma grande

intensidade e frequência de chuvas. Estes factos impactaram directamente os resultados da magnetização remanescente a baixo apresentados.

### 3.4.1-Magnetização Remanescente Natural (MRN)

Foram determinadas 24 pontos para a magnetização remanescente natural, o que corresponde a 12 por época, destas as amostras A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub> e A<sub>5</sub> respetivamente, correspondem as amostragens da zona suburbana e A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>8</sub>, A<sub>9</sub>, A<sub>10</sub>, A<sub>11</sub> e A<sub>12</sub> são as amostragens da zona urbana ver tabela 8. A MRN determinou-se através das partículas acumuladas na espojas sintéticas.

**Tabela 8.** Magnetização Remanescente Natural (MRN) e Massa das Amostras.

| Amostras | Época Seca          |            | Época Chuvosa                        |           |
|----------|---------------------|------------|--------------------------------------|-----------|
|          | MRN Am <sup>2</sup> | Massa (g)  | MRN Am <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> | Massa (g) |
| A1       | 2,23                | Não deter  | 0,78                                 | 0,43      |
| A2       | 1,67                | Não deter. | 1,68                                 | 0,34      |
| A3       | 1,94                | Não deter. | 1,17                                 | 0,48      |
| A4       | 2,24                | Não deter. | 1,22                                 | 0,38      |
| A5       | 2,28                | Não deter. | 1,00                                 | 0,24      |
| A6       | 1,14                | Não deter. | 1,02                                 | 0,41      |
| A7       | 2,87                | Não deter. | 1,20                                 | 0,30      |
| A8       | 1,77                | Não deter. | 1,13                                 | 0,31      |
| A9       | 2,06                | Não deter. | 1,25                                 | 0,36      |
| A10      | 2,70                | Não deter. | 1,15                                 | 0,34      |
| A11      | 7,21                | Não deter. | 1,55                                 | 0,25      |
| A12      | Não deter.          | 0,31       | 1,28                                 | 0,32      |

Para maior comparação destes resultados, recorreu-se a análise estatística, conforme a tabela 9. As amostras A<sub>5</sub> no Bairro entrada, A<sub>7</sub> no centro comercial Millenium, A<sub>10</sub> entre o Isced e o Governo Provincial e A<sub>11</sub> em frente ao Ex centro da Unitel possuem maiores índices de magnetização remanescente de forma natural na época seca e as amostras A<sub>9</sub> em frente a EMADEL, A<sub>11</sub> em frente ao ex-centro da Unitel e A<sub>12</sub> junto a Missão católica possuem maiores índices de magnetização remanescente natural na época chuvosa.

**Tabela 9.** Parâmetros estatísticos da Magnetização Remanescente Natural.

| <b>Parâmetros</b>     | <b>Época Seca</b><br>$\text{Am}^2\text{kg}^{-1}$ | <b>Época Chuvosa</b><br>$\text{Am}^2\text{kg}^{-1}$ |
|-----------------------|--|---|
| <b>Nº de Amostras</b> | 11   | 12  |
| <b>Média</b>          | 2,56   | 1,2   |
| <b>Mediana</b>        | 2,23   | 1,19  |
| <b>Desvio Padrão</b>  | 1,62   | 0,24  |
| <b>Variância</b>      | 2,61   | 0,06  |
| <b>Máximo</b>         | 7,21   | 1,68  |
| <b>Mínimo</b>         | 1,14   | 0,78  |

A média da magnetização remanescente natural (MRN) na época seca é de  $2,56 \text{ Am}^2\text{kg}^{-1}$  muito superior que a média da época chuvosa que é de  $1,19 \text{ Am}^2\text{kg}^{-1}$ , o desvio padrão é de  $1,62 \text{ Am}^2\text{kg}^{-1}$  cerca de 6,7 vezes superior que da época chuvosa ( $0,24 \text{ Am}^2\text{kg}^{-1}$ ). Isto significa que há maior desvio em relação a média das amostras na época seca, o máximo da MRN é  $7,21 \text{ Am}^2\text{kg}^{-1}$  verificado na época seca e  $1,68 \text{ Am}^2\text{kg}^{-1}$  verificados na época chuvosa o que traduz a maior quantidade de magnetização nesta época as mínimas magnetizações foram  $1,14 \text{ Am}^2\text{kg}^{-1}$  na época seca e  $0,78 \text{ Am}^2\text{kg}^{-1}$  na época chuvosa. Estes dados não traduzem a capacidade de testar a significância entre as épocas. Para tal, fez-se a testagem de validação das hipóteses, conhecida como T de Student ou análise t em que testa-se duas amostras com variáveis desiguais uma da época seca e outra da época chuvosa. (Tabela10).

**Tabela 10.** Análise t para testagem da MRN. (Época seca e chuvosa).

| <i>Parâmetros</i>              | <i>Variável Seca</i> | <i>Variável Chuva</i> |
|--------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Média                          | 2,56                 | 1,2                   |
| Variância                      | 2,61                 | 0,06                  |
| Observações                    | 11                   | 12                    |
| Hipótese de diferença de média | 0                    |                       |
| Gl                             | 10                   |                       |
| Stat t                         | 2,75                 |                       |
| P(T<=t) uni-caudal             | 0,01                 |                       |
| t crítico uni-caudal           | 1,81                 |                       |
| <b>P(T&lt;=t) bi-caudal</b>    | <b>0,02</b>          |                       |
| t crítico bi-caudal            | 2,23                 |                       |

O valor de t é igual a 0,02 menor de 0,05 corresponde a 95 % de significância. Assim existem diferenças significativas entre a época seca e chuvosa, desta feita a maior poluição por partículas de forma natural verifica-se na época seca e entre a zona urbana

e suburbana não há diferenças significativas verificada na magnetização remanescente natural.

### 3.4.2- Magnetização Remanescente Isotérmica (MRI).

Esta magnetização remanescente isotérmica resultou da exposição das esponjas a um campo magnético de intensidade elevada a temperatura constante, normalmente à temperatura ambiente, esta magnetização é denominada de magnetização remanescente induzida térmica ou isotérmica (MRIT).

São apresentados a baixo os resultados da magnetização remanescente induzida a 1 Tesla ( $MRI_{1T}$ ), -12,5, -25, -100 e -300 e em seguida os ratios (relação) magnéticos de cada uma das amostras (S-12,5; S-25; S-100 e S-300) calculados através da divisão das amostras pelo volume total da amostra ( $MRI_{1T}$ ) ou seja S-12,5 ( $MRI-12,5_{mT}/MRI_{1T}$ ), S-25 ( $MRI-25_{mT}/MRI_{1T}$ ), S-100 ( $MRI-100_{mT}/MRI_{1T}$ ), S-300 ( $MRI-300_{mT}/MRI_{1T}$ ) de acordo a tabela 11.

**Tabela 11.** Magnetização Remanescente Isotérmica da Época Seca.

| <b>Amostras</b> | <b>1T</b><br>mAm <sup>-1</sup> | <b>-12,5</b><br>mAm <sup>-1</sup> | <b>-25</b><br>mAm <sup>-1</sup> | <b>-100</b><br>mAm <sup>-1</sup> | <b>-300</b><br>mAm <sup>-1</sup> | <b>S-12,5</b><br>mAm <sup>-1</sup> | <b>S-25</b><br>mAm <sup>-1</sup> | <b>S-100</b><br>mAm <sup>-1</sup> | <b>S-300</b><br>mAm <sup>-1</sup> |
|-----------------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| A <sub>1</sub>  | 8,43                           | 5,89                              | 3,31                            | 4,31                             | 7,78                             | 0,70                               | 0,39                             | 0,51                              | 0,92                              |
| A <sub>2</sub>  | 8,11                           | 4,50                              | 2,99                            | 4,05                             | 7,51                             | 0,56                               | 0,37                             | 0,50                              | 0,93                              |
| A <sub>3</sub>  | 9,86                           | 5,87                              | 3,11                            | 5,24                             | 8,50                             | 0,60                               | 0,32                             | 0,53                              | 0,86                              |
| A <sub>4</sub>  | 9,97                           | 6,69                              | 2,14                            | 6,09                             | 9,04                             | 0,67                               | 0,21                             | 0,61                              | 0,91                              |
| A <sub>5</sub>  | 8,01                           | 5,41                              | 2,72                            | 3,92                             | 7,14                             | 0,68                               | 0,34                             | 0,49                              | 0,89                              |
| A <sub>6</sub>  | 8,37                           | 4,64                              | 2,68                            | 4,40                             | 7,40                             | 0,55                               | 0,32                             | 0,53                              | 0,88                              |
| A <sub>7</sub>  | 8,89                           | 5,54                              | 2,82                            | 5,25                             | 8,14                             | 0,62                               | 0,32                             | 0,59                              | 0,92                              |
| A <sub>8</sub>  | 23,20                          | 11,55                             | 5,88                            | 12,3                             | 18,9                             | 0,50                               | 0,25                             | 0,53                              | 0,81                              |
| A <sub>9</sub>  | 7,12                           | 5,44                              | 2,24                            | 4,32                             | 6,56                             | 0,76                               | 0,32                             | 0,61                              | 0,92                              |
| A <sub>10</sub> | 18,40                          | 9,47                              | 3,35                            | 10,40                            | 17,11                            | 0,51                               | 0,18                             | 0,56                              | 0,93                              |
| A <sub>11</sub> | 28,80                          | 18,13                             | 6,97                            | 20,81                            | 27,79                            | 0,63                               | 0,24                             | 0,72                              | 0,97                              |
| A <sub>12</sub> |                                |                                   |                                 |                                  |                                  |                                    |                                  |                                   |                                   |

As amostras com altos valores de  $MRN_{1T}$ , indicam locais com maior magnetização remanescente isotérmica total o que se traduz em maior poluição nestes locais. Assim é importante referir as amostragens A<sub>8</sub> em frente a rádio 2000, A<sub>10</sub> entre o ISCED e o Governo Provincial e A<sub>11</sub> em frente do antigo centro da Unitel, são os locais com maiores níveis de partículas na época seca resultantes da magnetização induzida.

Enquanto, as amostras  $A_3$  no Bairro Santo António,  $A_{10}$  do Isced e governo provincial,  $A_{11}$  em frente ao ex centro da Unitel e  $A_{12}$  junto a missão católica são os que possuem maior magnetização remanescente isotérmica na época chuvosa. (Tabela 13).

**Tabela 12.** Magnetização Remanescente Isotérmica. (Época Chuvosa).

| Amostras        | 1T<br>mAm <sup>-1</sup> | -12,5<br>mAm <sup>-1</sup> | -25<br>mAm <sup>-1</sup> | -100<br>mAm <sup>-1</sup> | -300<br>mAm <sup>-1</sup> | S <sub>-12,5</sub><br>mAm <sup>-1</sup> | S <sub>-25</sub><br>mAm <sup>-1</sup> | S <sub>-100</sub><br>mAm <sup>-1</sup> | S <sub>-300</sub><br>mAm <sup>-1</sup> |
|-----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---|---------------------------------------|--|--|
| A <sub>1</sub>  | 9,58                    | 6,56                       | 2,31                     | 5,63                      | 9,21                      | 0,68                                    | 0,24                                  | 0,58                                   | 0,96                                   |
| A <sub>2</sub>  | 10,30                   | 4,53                       | 1,14                     | 7,53                      | 9,60                      | 0,44                                    | 0,11                                  | 0,73                                   | 0,94                                   |
| A <sub>3</sub>  | 18,90                   | 10,06                      | 0,10                     | 14,4                      | 18,25                     | 0,53                                    | 0,01                                  | 0,76                                   | 0,96                                   |
| A <sub>4</sub>  | 5,93                    | 3,29                       | 1,18                     | 3,56                      | 5,35                      | 0,55                                    | 0,20                                  | 0,59                                   | 0,90                                   |
| A <sub>5</sub>  | 2,84                    | 0,88                       | 0,45                     | 1,44                      | 2,73                      | 0,31                                    | 0,16                                  | 0,51                                   | 0,96                                   |
| A <sub>6</sub>  | 7,35                    | 4,41                       | 1,71                     | 4,63                      | 6,50                      | 0,60                                    | 0,23                                  | 0,63                                   | 0,88                                   |
| A <sub>7</sub>  | 8,38                    | 4,49                       | 2,29                     | 5,23                      | 7,56                      | 0,53                                    | 0,27                                  | 0,62                                   | 0,90                                   |
| A <sub>8</sub>  | 3,28                    | 1,71                       | 0,44                     | 2,11                      | 3,34                      | 0,52                                    | 0,13                                  | 0,64                                   | 1,00                                   |
| A <sub>9</sub>  | 7,88                    | 5,79                       | 1,31                     | 3,91                      | 7,70                      | 0,73                                    | 0,16                                  | 0,50                                   | 0,98                                   |
| A <sub>10</sub> | 14,70                   | 9,04                       | 2,07                     | 8,03                      | 14,03                     | 0,61                                    | 0,14                                  | 0,55                                   | 0,95                                   |
| A <sub>11</sub> | 14,90                   | 8,04                       | 2,64                     | 9,63                      | 13,48                     | 0,53                                    | 0,17                                  | 0,65                                   | 0,90                                   |
| A <sub>12</sub> | 17,10                   | 6,39                       | 2,97                     | 8,77                      | 16,20                     | 0,37                                    | 0,17                                  | 0,51                                   | 0,95                                   |

Os valores da  $MRI_s$ , para além de fornecerem informações sobre a forma e tamanho das partículas, também fornecem informações sobre a quantidade relativa soft e hard das partículas. (Davila et al., 2006).

Como os valores de  $S_{-300}$  estão mais próximo da unidade (tabela 11 e 12), há existência de minerais ferrimagnéticos (soft) do tipo magnetite e porque magnetizaram-se rapidamente e atingiu-se um ponto em que a magnetização manteve-se constante (magnetização saturada), mas também existem algumas partículas antiferrimagnéticas do tipo hematite. Os valores de  $S_{-12,5}$ ,  $S_{-25}$  e  $S_{-100}$  também tendem a um logo a granulometria das partículas são maioritariamente do tipo grosseiro e poucas partículas finas.

### 3.4.3-Magnetização Remanescente Isotérmica Diária

A magnetização remanescente isotérmica diária, calculou-se dividido o valor da magnetização remanescente induzida a 1 Tesla ( $MRI_{1T}$ ) pelo tempo de exposição correspondente a cada amostra que no caso deste estudo é de 15 dias, e desta forma, obteve-se a tabela 13.

Tabela 13. Magnetização Remanescente Isotérmica diária. (Época seca e chuvosa).

| Amostras        | Época Seca                                |   | Época Chuvosa                             |   |
|-----------------|---|---|---|---|
|                 | MRI diária<br>$\text{Am}^2\text{kg}^{-1}$ | MRI diária<br>$\text{Am}^2\text{kg}^{-1}$ | MRI diária<br>$\text{Am}^2\text{kg}^{-1}$ | MRI diária<br>$\text{Am}^2\text{kg}^{-1}$ |
| A <sub>1</sub>  | 8,43                                      | 0,56                                      | 9,58                                      | 0,64                                      |
| A <sub>2</sub>  | 8,11                                      | 0,54                                      | 10,30                                     | 0,69                                      |
| A <sub>3</sub>  | 9,86                                      | 0,66                                      | 18,90                                     | 1,26                                      |
| A <sub>4</sub>  | 9,97                                      | 0,66                                      | 5,93                                      | 0,40                                      |
| A <sub>5</sub>  | 8,01                                      | 0,53                                      | 2,84                                      | 0,19                                      |
| A <sub>6</sub>  | 8,37                                      | 0,56                                      | 7,35                                      | 0,49                                      |
| A <sub>7</sub>  | 8,89                                      | 0,59                                      | 8,38                                      | 0,56                                      |
| A <sub>8</sub>  | 23,20                                     | 1,55                                      | 3,28                                      | 0,22                                      |
| A <sub>9</sub>  | 7,12                                      | 0,47                                      | 7,88                                      | 0,53                                      |
| A <sub>10</sub> | 18,40                                     | 1,23                                      | 14,70                                     | 0,98                                      |
| A <sub>11</sub> | 28,80                                     | 1,92                                      | 14,90                                     | 0,99                                      |
| A <sub>12</sub> | Não deter.                                | Idem                                      | 17,10                                     | 1,14                                      |

Na época seca, as áreas com maiores índices de magnetização Remanescente Isotérmica diária (MRI) são as amostras A<sub>8</sub> em frente a Rádio 2000 e A<sub>11</sub> ao lado do antigo centro da Unitel. (Figura 11).

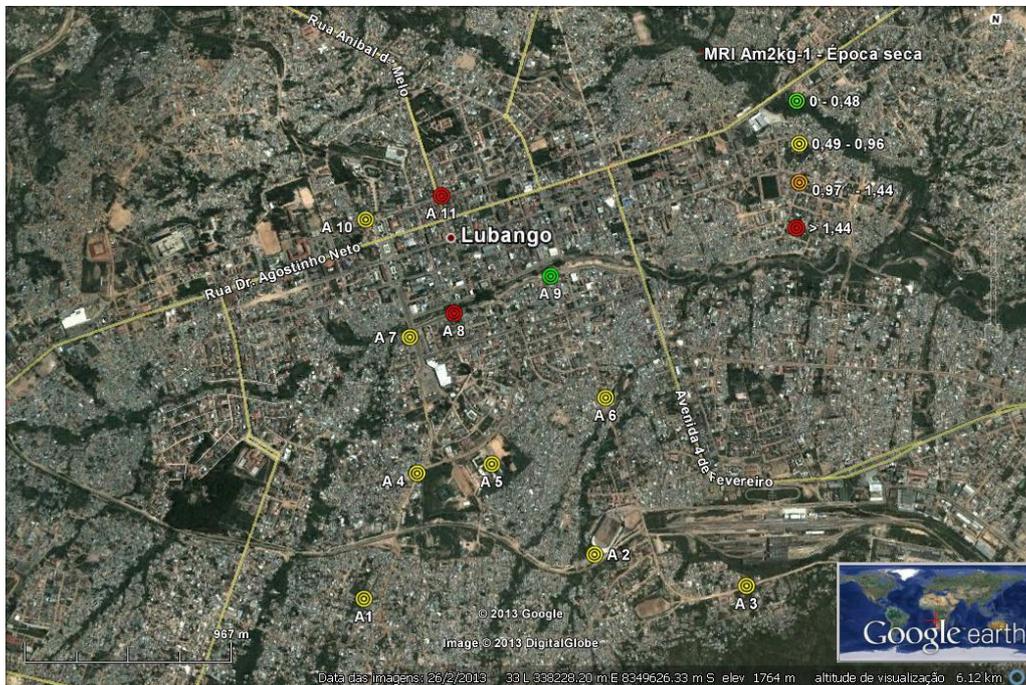
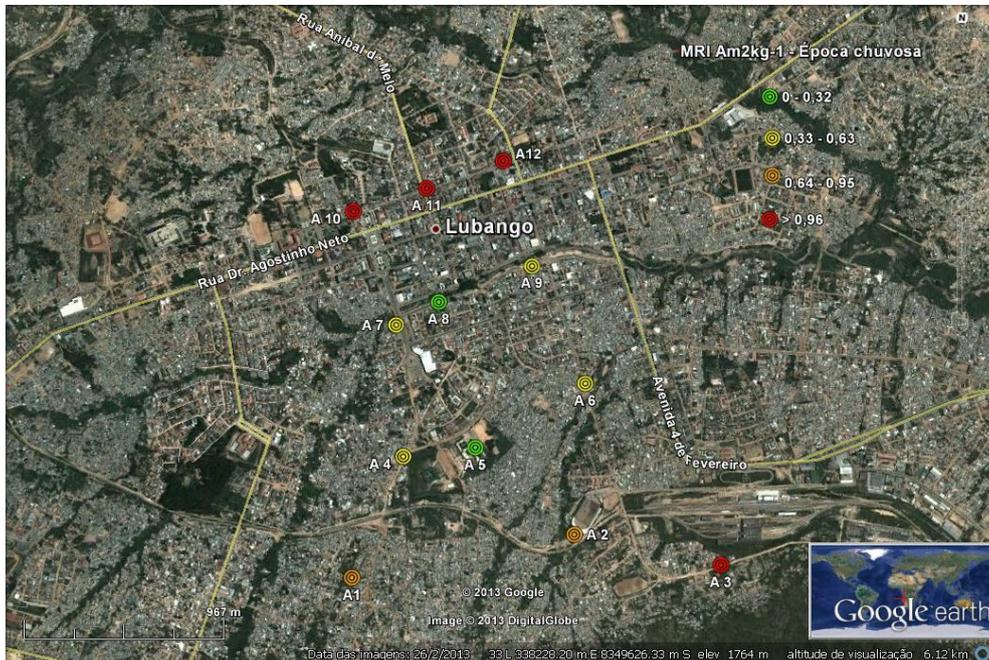


Figura 11. Magnetização Remanescente Isotérmica Diária. Época Seca.

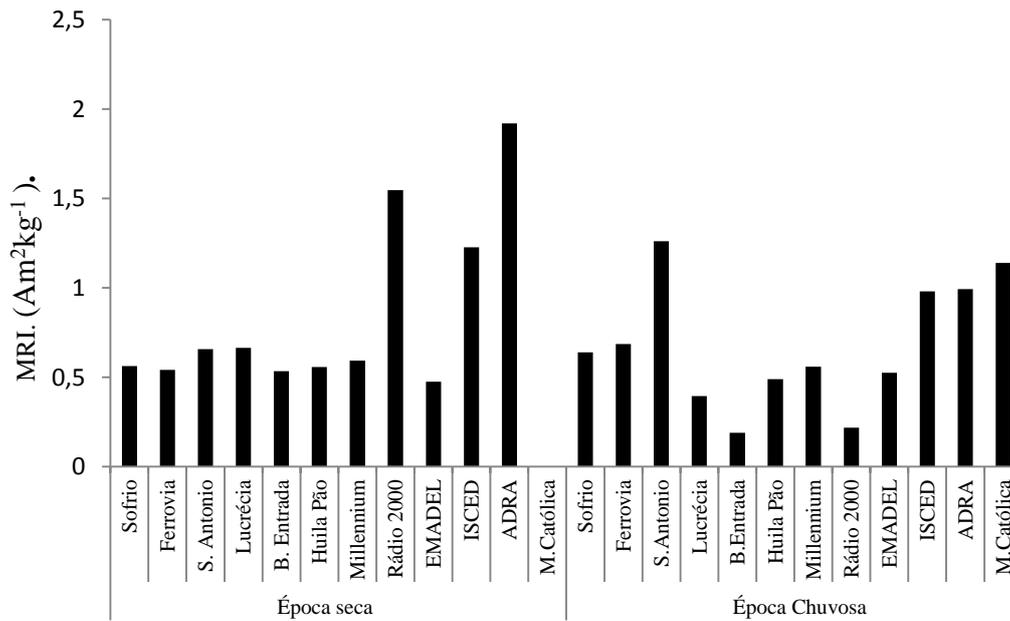
As amostras A<sub>3</sub> no Bairro Santo António atrás da Estação dos Caminhos de Ferro de Moçamedes (CFM), A<sub>10</sub> ao do ISCED ou do Governo Provincial, A<sub>11</sub> em frente do antigo Centro da Unitel e a A<sub>12</sub> na Missão católica possuem maiores níveis de poluição na época chuvosa. (Figura 12).



**Figura 12.** Magnetização Remanescente Isotérmica Diária. Época Chuvosa.

A elevada poluição no ponto de amostragem A<sub>3</sub> situado no Bairro Santo António atrás dos CFM e ao lado de uma padaria, existem frequentes circulação de locomotivas e geradores em funcionamento, o que provoca constante emissão de poluentes nesta zona, a amostragem A<sub>8</sub> na Avenida do rio Mukufi em frente a Rádio 2000, os altos níveis de poluição deve-se ao facto que durante a exposição dos colectores, a estrada estava a ser compactada e asfaltada bem como os passeios e com muita circulação de veículos pesados. Nas amostragens A<sub>10</sub> entre o ISCED e o Governo Provincial, A<sub>11</sub> situada em frente do antigo centro da Unitel e A<sub>12</sub> em frente da Missão Católica os altos níveis de poluição justificam-se por estarem todas ao longo da rua Dr. Agostinho Neto e possui circulação automóvel intensa.

A zona urbana possui maiores níveis de poluição em relação a zona suburbana nas duas estações o que resulta da maior circulação rodoviária na zona urbana. As primeiras 5 amostras de cada época, correspondem aos 42% da zona periférica e as restantes a 58% da zona urbana. (Figura 13).



**Figura 13.** Comparação MRI diária entre a época seca e chuvosa. (Am²kg⁻¹).

Para facilitar a comparação das amostragens da magnetização remanescente isotérmica diária na época seca e chuvosa, recorreu-se a alguns parâmetros estatísticos de acordo a tabela 14.

**Tabela14.** Dados estatísticos da MRI diária.

| Parâmetros     | Época Seca Am²kg⁻¹ | Época Chuvosa Am²kg⁻¹ |
|----------------|--------------------|-----------------------|
| Nº de Amostras | 11                 | 12                    |
| Média          | 0,84               | 0,67                  |
| Mediana        | 0,59               | 0,59                  |
| Desvio Padrão  | 0,49               | 0,35                  |
| Variância      | 0,24               | 0,12                  |
| Máximo         | 1,92               | 1,26                  |
| Mínimo         | 0,48               | 0,19                  |

A validação das amostras quanto a significância nas duas épocas, bem como na zona urbana e suburbana, fez-se novamente recorrendo à análise t. (Ver tabela15).

Tabela15. Análise t para testagem da MRI diária. (Épocas seca e chuvosa).

| <i>Parâmetros</i>              | Variável Seca<br>$\text{Am}^2\text{kg}^{-1}$ | Variável Chuva<br>$\text{Am}^2\text{kg}^{-1}$ |
|--------------------------------|--|---|
| Média                          | 0,84   | 0,673   |
| Variância                      | 0,24   | 0,12  |
| Observações                    | 11   | 12  |
| Hipótese de diferença de média | 0  |   |
| Gl                             | 18   |   |
| Stat t                         | 0,95   |   |
| P (T<=t) uni-caudal            | 0,18   |   |
| t crítico uni-caudal           | 1,73   |   |
| <b>P (T&lt;=t) bi-caudal</b>   | <b>0,35</b>                                  |   |
| t crítico bi-caudal            | 2,1  |   |

De acordo a análise em causa, o parâmetro t é superior a 0,5% (tabela15), isto significa que não há diferenças significativas entre a época seca e chuvosa. Mas apesar disso, a maior poluição verificou-se na época seca com uma média de  $0,84 \text{ Am}^2\text{kg}^{-1}$ , a mediana é igual nas duas épocas, o maior desvio padrão verifica-se na época seca com  $0,49 \text{ Am}^2\text{kg}^{-1}$  o que indica maior afastamento em relação a média ou seja os valores são muitos dispersos uns dos outros, a maior variância registou-se na época seca com  $0,24 \text{ Am}^2\text{kg}^{-1}$  sendo valores mais homogêneos na época chuvosa e não há muita poluição em relação aos da época seca.

#### 3.4.4-Comparação destes resultados com os anteriores

Neste ponto, serão comparados os actuais resultados da magnetização remanescente isotérmica diária com os obtidos em 2011 por Kaula durante a sua amostragem estiveram expostos coletores em 2 épocas distintas (seca, num total de 69, e chuvosa, num total de 142), a comparação foi feita conforme a tabela16.

**Tabela16.** Comparação dos resultados de MRI diária deste estudo com os de Kaula (2011).

| Amostragens deste estudo | Amostragens (Kaula, 2011)   |                             |                             |                             |
|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                          | Época Seca                  | Época Chuvosa               | Época Seca                  | Época Chuvosa               |
| Parâmetros               | $\text{Am}^2\text{kg}^{-1}$ | $\text{Am}^2\text{kg}^{-1}$ | $\text{Am}^2\text{kg}^{-1}$ | $\text{Am}^2\text{kg}^{-1}$ |
| Nº de Amostras           | 11                          | 12                          | 55                          | 75                          |
| Média                    | 0,84                        | 0,67                        | 5,75                        | 6,29                        |
| Mediana                  | 0,59                        | 0,6                         | 3,27                        | 1,88                        |
| Desvio Padrão            | 0,49                        | 0,35                        | 1,05                        | 1,06                        |
| Variância                | 0,24                        | 0,12                        | 1,83                        | 1,68                        |
| Máximo                   | 1,92                        | 1,26                        | 7,04                        | 6,03                        |
| Mínimo                   | 0,48                        | 0,19                        | 8,19                        | 5,01                        |

Estes resultados traduzem as diferenças significativas entre os resultados atuais e os resultados do Kaula (2011). Os resultados foram superiores em todos os parâmetros, logo houve maior magnetização remanescente isotérmica, em 2011 no trabalho realizado pelo Kaula. Verificou-se também maior índice de partículas na época seca, mas na época chuvosa quase não se fez sentir a ocorrência de precipitações. Comparando estes resultados de magnetização por unidades de massa não traduzem grandes diferenças em termos globais porque a massa determinada nas amostras do Kaula foram sempre superiores que as do presente trabalho.

## 4-CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em função dos resultados obtidos sobretudo da MRN,  $MRI_{IT}$ , MRI diária, doenças mais frequentes e da circulação rodoviária, deixou-se as seguintes conclusões:

- A poluição por partículas verifica-se com maior frequência na época seca porque nesta altura existem maiores disponibilidades de poeiras em circulação;
- As zonas suburbanas ou periféricas possuem maiores níveis de partículas provocadas de forma natural estimuladas pelo vento em superfícies de estradas não asfaltadas, falta de passeios, exploração de inertes, geologia, vegetação e jardins;
- Os trabalhos de escavação feitos ao longo da estrada aumentam significativamente a emissão de partículas;
- Existem diferenças significativas de MRN diária entre a época seca e a chuvosa o que não acontece com MRI;
- A zona urbana é a que possui maior poluição por partículas de origem antropogênicas e deve-se ao maior tráfego rodoviário observado, funcionamento de indústrias e geradores;
- Os maiores níveis de poluição por partículas foram verificados em frente a Rádio 2000, Ex-centro da Unitel, Bairro Santo António de trás dos CFM, entre o ISCED e o Governo Provincial e na missão católica;
- As partículas que causam poluição são formadas de óxidos de ferro conhecidas como magnetite e em poucos locais encontra-se a hematite e maghemite,
- O diâmetro das partículas que causam a poluição são maioritariamente grosseira e as menores encontram-se em poucas concentrações;
- A recolha de poeiras nos parapeitos das janelas, passeios e nos rodapés foi um método de difícil aplicação quanto a recolha de poeiras devido a velocidade do vento, intensidade da chuva e constrangimento causados nos populares;
- Apesar de algumas lacunas técnicas, considera-se que os objetivos traçados para a realização deste trabalho, foram atingidos pelo que estabeleceu-se algumas recomendações para minimizar estas deficiências:

- Utilizar um coletor para recolha de futuras amostras de poeiras;
- Fazer passeios, jardins e plantar árvores para reduzir o levantamento de poeiras de forma natural;
- Antes de se fazer qualquer trabalho de manutenção, instalação da rede hídrica e elétrica nas estradas deve-se humedecer o pavimento ou fazer com maior frequência na época chuvosa;
- Fazer teste de controlo de veículos em circulação sua idade média e usar catalisador nos escapes;
- Utilizar fontes de energias limpas que emitem menos quantidades de partículas;

## BIBLIOGRAFIA

- Cláudio, J.D.P.; Kruger, V.; Ferreira, M. [s.d]. *Poluição do Ar*. Brasil. [S.d];
- Davila, S.; Monfort, C.; Filippini, G.; Preston-Martins, S.; Lubin, F.; Mueller, B.; Holly, E.; Perris-Bonet, R.; McRedie, M.; Little, J.; Arlsan, A. (2004) – *Parental exposure polycyclic aromatic hydrocarbons and the risk of childhood brain tumors*. American Journal of Epidemiology, 159, pp.1109-1116.
- Faria, R.N; Lima, L.F.C.P. (2005) - Livraria da Física. São Paulo.
- Gomes, C.S.R. (2008) - *Por Terras da Figueira*. [S.l]. pp.91-92.
- Gomes, J.F.P. (2011) - *Poluição Atmosférica*. Publinindustria, 2<sup>a</sup> edição Porto. pp.41-43.
- Huíla. (2004). *Relatório do Governo Provincial (GPH)*. Lubango. pp 8,9,12 e 35.
- Kaula, B.D. Setembro (2011) - *Avaliação dos Níveis de Poluição por partícula na Cidade do Lubango*. UCFCT.
- Lecoanet, H.; Léveque, F. Ambrosi, J-P. (2003) - *Combination of magnetic parameters: an efficient way to discriminate soil-contamination sources (south France)*, *Environmental Pollution*.
- Lei de Base do Ambiente de Angola. Junho 1998; pp.10.
- Lubango. Abril (2004) - *Direcção Provincial da Viação e Trânsito da Huíla*.
- Lubango. Abril (2013) - *Repartição Municipal da Saúde Pública. Secção de Estatística*.
- Lubango. Plano Director (PDL). Julho (2004). *Enquadramento Biofísico*.
- Lubango. Setembro (2012) - *Sistema Informação Integrado e Consultoria "Sinfic"*.
- Matzka, J.; Maher, B. A. (1999) - *Magnetic biomonitoring of roadside tree leaves: identification of spatial and temporal variations in vehicle-derived particulates*, *Atmospheric Environment*.
- Miranda, P.M.A. (2001) - *Meteorologia e Ambiente. Fundamentos de Meteorologia, Clima e Ambiente Atmosférico*. Universidade Aberta. 2<sup>a</sup> edição. [S.l]. pp. 201.
- Simões, T. S; Queirós, M. A; Simões, O.S. (2001) - *Técnicas laboratoriais de Química*. Porto Editora, pp.12-16, 19-24.

[http://www.google.co.ao/#hlPT&output=search&client=psyb&q=campo+magnetico&q=campo&gs\\_l=hp.3.0.0110.7643.9427.1.21050.5.5.0.0.0.2.103008.16636.5-5-3j9,6ªF](http://www.google.co.ao/#hlPT&output=search&client=psyb&q=campo+magnetico&q=campo&gs_l=hp.3.0.0110.7643.9427.1.21050.5.5.0.0.0.2.103008.16636.5-5-3j9,6ªF)  
dia 17/08/12 as 17h43min

[http://books.google.fr/books?id=YsDlBIj609YC&pg=PA24&lpg=PA24&dq=magnetiza%C3%A7%C3%A3o+induzida&source=bl&ots=8v2jV\\_3Ke9&sig=n64m36ldPldRkej3PtMfyzmJpnY&hl=en&sa=X&ei=2YuULnvLKnM0QWimIH0DA&ved=0CDEQ6AEwAQ#v=onepage&q=magnetiza%C3%A7%C3%A3o%20induzida&f=false,6ªF](http://books.google.fr/books?id=YsDlBIj609YC&pg=PA24&lpg=PA24&dq=magnetiza%C3%A7%C3%A3o+induzida&source=bl&ots=8v2jV_3Ke9&sig=n64m36ldPldRkej3PtMfyzmJpnY&hl=en&sa=X&ei=2YuULnvLKnM0QWimIH0DA&ved=0CDEQ6AEwAQ#v=onepage&q=magnetiza%C3%A7%C3%A3o%20induzida&f=false,6ªF)  
dia 17/08/12 as 16h52min

[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102261X2009000400009&script=sci\\_arttext,6ªF](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102261X2009000400009&script=sci_arttext,6ªF)  
dia 17/08/12 as 18h24min

[http://2.5.0.0.1c.vsnJCI6zYm4&bav=on.2,or.r\\_gc.r\\_pw.r\\_qf.&fp=4f4381d386805c18&biw=1280&bih=827](http://2.5.0.0.1c.vsnJCI6zYm4&bav=on.2,or.r_gc.r_pw.r_qf.&fp=4f4381d386805c18&biw=1280&bih=827). Introdução ao Magnetismo 6ªF dia 17/08/12 as 18h24min

<http://elektron.no.sapo.pt/oqueeinducaomagnetica.htm>, 4ª F dia 22-08-12 as 14:41

## GLOSSÁRIO

**Aerossol primário:** são partículas introduzidas directamente da atmosfera, principalmente a partir de fontes localizadas no solo;

**Aerossol secundário:** são formadas na atmosfera por condensação ou reacções químicas, através da conversão gás-partícula.

**Aerossol:** partículas sólidas, líquidas e gasosas em suspensão na atmosfera por períodos variáveis de tempo e de diversa composição e dimensão. (Derbyshire, 2005).

**Campo magnético:** caracteriza-se por um conjunto de linhas imaginárias, estas linhas de campo indicam o sentido e a direcção do vector campo magnético, são tangentes a este vector, são sempre fechadas e nunca se cruzam. O diamagnetismo e paramagnetismo dependem somente da temperatura, ou seja, do raio da órbita dos electrões. Ferro, ferri e antiferromagnetismo dependem das distâncias interatómicas.

**Indução magnética:** é a força magnética exercida em Amperes sobre um corpo. Um dos exemplos mais habituais onde se verifica a indução magnética é um íman que puxa ou repele um simples prego.

**Magnetização induzida natural:** é a parte reversível de sua magnetização natural, induzida pelo campo magnético terrestre à temperatura ambiente. Para muitas aplicações práticas (quando se trata da magnetização induzida natural) a susceptibilidade das rochas comuns pode ser convenientemente considerada como uma constante isotrópica.

**Magnetização remanescente isotérmica (MRI):** é produzida por um campo contínuo H aplicado em temperatura constante e durante uma escala de tempo de alguns segundos. Esse tipo de magnetização é relativamente instável porque a magnetização remanescente decai exponencialmente com o tempo logo após a indução.

**Magnetização remanescente isotérmica de saturação:** acontece quando a amostra não apresenta uma variação no valor da magnetização, com o aumento da temperatura do campo aplicado.

**Magnetização remanescente térmica (MRT):** é adquirida por uma rocha ígnea durante o resfriamento. A magnetização é retida quando a temperatura cai abaixo da temperatura de Curie e na presença do campo magnético terrestre. Cerâmicas

arqueológicas também adquirem MRT se se tratar de argila cozida. Neste caso o portador magnético é a hematite.

**Susceptibilidade magnética:** designa-se por  $k$  a susceptibilidade por unidade de volume ( $\text{SI}/\text{cm}^3$ ) e por  $c$  a susceptibilidade por unidade de massa ( $\text{SI}/\text{g}$ ). Em geral a susceptibilidade  $k$  é directamente proporcional a magnetização:  $J = k.H$ .