



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

AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE POLUIÇÃO POR PARTÍCULAS NA CIDADE DE BENGUELA, ANGOLA

Um estudo de Magnetismo Ambiental

Marcos Leitão da Conceição Almeida

MESTRADO EM GEOCIÊNCIAS
AMBIENTE E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

Orientadores científicos

Prof. Doutora Celeste dos Santos Romualdo Gomes, Faculdade de Ciências e
Tecnologia, Universidade de Coimbra

Prof. Doutor Alcides José Sousa Castilho Pereira, Faculdade de Ciências e
Tecnologia, Universidade de Coimbra

Junho, 2011

PENSAMENTO

A sabedoria consiste em o homem ter a noção dos seus limites, em compreender os seus próprios limites, e, em especial, a sua ignorância

(Karl Popper)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, filhos e netos
que aguardaram ansiosamente
pelo fruto de dois anos difíceis.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me ter dado vida, saúde e força mental para aceitar este desafio.

Aos Professores Doutores Celeste Romualdo Gomes e Alcides Castilho Pereira, pela responsabilidade em orientar este trabalho com tema tão vasto e de interesse nacional.

À Universidade Privada de Angola e a Universidade de Coimbra pela oportunidade concebida.

Ao Laboratório de Magnetismo de Rochas do Centro de Geologia da Universidade do Porto, na pessoa da Professora Helena Sant’Ovaia nas análises da susceptibilidade magnética das amostras.

A Administração Municipal de Benguela pela cedência da monografia da cidade de Benguela.

A Direcção Provincial do Urbanismo e Ambiente pelo apoio em monografia da Lei de Bases do Ambiente e Convenções.

Aos nossos professores que, ao longo de dois anos, souberam partilhar todo o seu saber, o qual contribuirá, certamente, hoje e no futuro, para o desenvolvimento de uma sociedade mais próspera.

À Mestre Ana Lourenço pelo apoio nas análises das amostras no Laboratório de (Paleo) magnetismo dos materiais do Departamento de Ciências da Terra, da Faculdade de Ciências e Tecnologia, da Universidade de Coimbra.

Ao Dr. Vasco Mantas e ao técnico Paulo Pinto do Laboratório de Radioactividade Natural da Universidade de Coimbra pelo apoio incondicional.

Aos meus familiares que aguardaram ansiosamente para que este trabalho fosse um êxito, em especial a minha esposa, tio Paulo Almeida e sua esposa.

Aos meus colegas e amigos que apoiaram-me todo momento, em especial o Sr. Francisco Catchitutula.

Bem-haja a todos aqueles que, mesmo sem terem intercedido, não inviabilizaram este valioso empreendimento.

O meu muito obrigado

Índice geral

	Página
Pensamento	iii
Dedicatória	iv
Agradecimentos	v
Resumo	vi
Abstract	vii
1 - Introdução	1
1.1 - Fundamentação	2
1.2 - Objectivos	3
2 - Enquadramento teórico	4
2.1 - Poluição por partículas	4
2.2 - Origem das partículas	5
2.3 - Partículas de origem natural	5
2.4 - Partículas de origem antrópica	6
2.5 - Efeitos da poluição por partículas na saúde humana	7
3 - Um estudo de magnetismo ambiental em Benguela, Angola	9
3.1 - Caracterização da área de estudo	9
3.1.2 Extensão e limites	10
-	
3.1.3 Substrato geológico	11
-	
3.1.4 Ocupação antrópica	11
-	
3.1.5 Tipo de vegetação	12
-	
3.1.6 Elementos climáticos	12
-	
3.1.7 Indústrias principais e sua localização	13
-	
3.2 - Magnetismo Ambiental	13
3.2.1 Propriedades magnéticas dos materiais	14
-	
3.2.2 O magnetismo ambiental aplicado a estudos de poluição	17
-	
3.2.3 Estudos prévios	17
-	
3.3 - Métodos e técnicas	19
3.3.1 Amostragem e caracterização das amostras	21
-	
3.3.2 Equipamentos e trabalhos laboratoriais	29
-	

3.4 - Resultados e discussão	31
3.4.1 Susceptibilidade Magnética	32
-	
3.4.2 Magnetização Remanescente Isotérmica - MRI _T	34
-	
4 - Conclusões	44
5 - Bibliografia	46
6- ANEXOS	48

Índice de Figuras

	Páginas
Figura 1- Localização da cidade de Benguela.	3
Figura 2- Esponja sintética usada na absorção de partículas.	20
Figura 3- Local de amostragem.	21
Figura 4- Local de amostragem.	21
Figura 5- Mapa dos locais de amostragem.	22
Figura 6- Kappabridage – KLY 4S usado na medição da Susceptibilidade Magnética.	29
Figura 7- Magnetómetro rotativo usado na medição da Magnetização Remanescente Isotérmica.	29
Figura 8- Balança SARTORIUS usada na medição da massa.	30
Figura 9- Histograma dos valores da Magnetização Remanescente Isotérmica total da época seca.	35
Figura 10- Histograma dos valores da Magnetização Remanescente Isotérmica total da época chuvosa.	36
Figura 11- Histograma dos valores da Magnetização Remanescente Isotérmica diária da época seca	39
Figura 12- Histograma dos valores da Magnetização Remanescente Isotérmica diária da época chuvosa.	39
Figura 13- Mapa de Magnetização Remanescente Isotérmica relativo à época seca.	41
Figura 14- Mapa de Magnetização Remanescente Isotérmica relativo à época chuvosa.	42

Índice de Tabelas

		Páginas
Tabela 1-	Caracterização dos locais de amostragem	24
Tabela 2-	Susceptibilidade Magnética	32
Tabela 3-	Dados estatísticos da Susceptibilidade Magnética	34
Tabela 4-	Magnetização Remanescente Isotérmica total	35
Tabela 5-	Dados estatísticos de Magnetização Remanescente Isotérmica total	37
Tabela 6-	Magnetização Remanescente Isotérmica diária	38
Tabela 7-	Dados estatísticos da Magnetização Remanescente Isotérmica diária	40
Tabela 8-	Parâmetros estatísticos de Magnetização Remanescente Isotérmica _{1T} , S – 300 e S 300	42

RESUMO

A cidade de Benguela, centro de cultura e concentração de recursos económicos, demográficos, tecnocientíficos, entre outros, é também centro de grandes frustrações e tensões humanas, consequência do processo histórico-geográfico da assimilação dos seus diferentes espaços. Neste sentido, é importante desenvolver investigações sobre as relações, por vezes complexas, entre o homem e o ambiente urbano ou outras zonas que o rodeiam, em especial, aqueles bairros com condições críticas de saúde, alimentação, energia, contaminação. Estas investigações podem constituir um ponto de partida para procurar soluções viáveis por parte dos governos locais.

O presente trabalho é fruto de uma pesquisa científica sobre avaliação dos níveis de poluição na cidade de Benguela, com fins de prevenir as consequências ou efeitos sobre o meio, e que hoje se percebe como factor de risco para o futuro da humanidade, isto é, mediante um estudo exploratório com vista a uma contribuição com teóricos e práticos acerca das políticas de gestão e protecção do meio de acordo a realidade da província e do país.

Na elaboração deste trabalho, foi definido como objectivo principal caracterizar os níveis de poluição por partículas na cidade de Benguela e como objectivos específicos: 1) caracterizar as partículas de poeiras através das suas propriedades magnéticas (susceptibilidade magnética; magnetização remanescente isotérmica, MRI, e parâmetros S) na cidade de Benguela, a partir da selecção de locais representativos; 2) avaliar e comparar os níveis de poluição por partículas em relação as épocas seca e chuvosa; 3) diagnosticar os níveis de poluição por partículas e relacioná-los, se possível, com a qualidade de vida e saúde das populações.

ABSTRACT

The city of Benguela, a cultural center and where economic, demographic and technical-scientific resources are concentrated is also a place of frustration and social tension, a consequence of the historical-geographic processes of assimilation of its different spaces. In this sense, it is important to study the relations, often complex, between man, the urban environment and its surroundings and in particular, the neighborhoods with critical health, food, energy supply and contamination. The research can serve as a stepping stone towards a search for viable solutions by the local authorities.

The present work is a result of the scientific research on the evaluation of pollution levels in the city of Benguela aiming to prevent the consequences - or affects - over the environment. Such affects, which are known to be a risk factor to the future of mankind were evaluated through an exploratory study aiming to contribute theoretically and practically to the management policies and protection of the environment in agreement with the reality of the province and country.

In the preparation of this work, it was established as a main objective to characterize the levels of pollution by particles from the city of Benguela and as specific objectives:

- 1) Characterize the dust particles through its magnetic properties (magnetic susceptibility) in the city of Benguela, from the selection of representative locations;
- 2) Evaluate and compare the levels of pollution by particles in the different seasons;
- 3) Assess the pollution levels by particles and relate them, if possible, with the quality of life and health of the population.

1 – Introdução

O ambiente é um ponto de partida importante para desenvolver actividades de investigação científica que estimulem a prática e a criatividade dos seres humanos que, com os seus conhecimentos e sabedoria, podem associar os resultados a aspectos importantes da evolução das sociedades, dos costumes, tradições, etc.

A Lei de Bases do Ambiente da República de Angola (Lei nº 5/98 de Junho) define o ambiente como um conjunto dos sistemas físicos, químicos, biológicos e suas relações com os factores económicos, sociais e culturais com efeitos directo ou indirecto, mediato ou imediato, sobre os seres vivos e a qualidade de vida dos seres humanos. Lei de Bases do Ambiente e Convenções (1999)

A Norma Internacional ISSO 14001 (2004:2), define o ambiente como o espaço em torno do qual uma organização opera, incluindo o ar, água, solo, recursos naturais, flora, fauna, os seres humanos e suas inter – relações.

O ambiente pode ser entendido, ainda, como o conjunto de factores naturais, sociais e culturais que envolvem um indivíduo e com os quais ele interage, influenciando e sendo influenciado por ele (Silva, 2005).

Este trabalho assenta na convicção de que conhecer as características geográficas, culturais, históricas, económicas ou outras, do lugar onde se vive, tem grande importância para desenvolver o sentido de identidade e transmitir, de uma geração a outra, valores importantes de responsabilidade, colectivismo e respeito pelo ambiente e pelos seres humanos que nos rodeiam.

Sendo a poluição do ar a alteração do equilíbrio físico, químico ou biológico que tem efeitos adversos no normal funcionamento das formas de vida, ela constitui um dos problemas mais graves que a humanidade enfrenta, afectando assim a saúde e a qualidade de vida dos seres vivos, em especial dos seres humanos.

Existem três factores principais que contribuem para que a poluição por partículas atinja níveis elevados e preocupantes. São eles a industrialização, o crescimento da circulação rodoviária e a expansão urbana.

Na determinação da matéria particulada, usaremos três parâmetros: Susceptibilidade Magnética, Magnetização Remanescente Isotérmica e Quociente S. Estes indicar-nos-ão a quantidade de partículas existentes em cada amostra através de análises laboratoriais, e

verificar se existem variações na densidade de partículas no ar da cidade de Benguela ao longo do ano.

Para desenvolver este estudo, aplicaram-se diferentes métodos, tais como: revisão bibliográfica que permitiu recolher dados a partir de trabalhos publicados por diferentes autores e relacionar cada ponto de vista na análise da temática; a observação utilizada ao longo de toda investigação na implementação prática e a aplicação dos colectores passivos; comparação para confrontar as amostras em diferentes épocas do ano; a análise de documentos para avaliar o tratamento do problema de investigação em disposições e normativas emanadas pelo Ministério do Urbanismo e Ambiente e conhecer o seu estado actual segundo a lei de bases do Ambiente em Angola; a utilização de técnicas laboratoriais para o estudo de poluição através das propriedades magnéticas de poeiras; os métodos e/ou procedimentos matemáticos e estatísticos empregues foram as frequências absolutas e relativas (análise percentual) para comparar resultados e determinar os níveis de poluição.

1.1 - Fundamentação

A cidade de Benguela, situada junto ao litoral na região central de Angola (Fig. 1), é centro de cultura e concentração de recursos económicos, demográficos, tecnocientíficos, entre outros, é também centro de grandes frustrações e tenções humanas, consequência do processo histórico-geográfico da assimilação dos seus diferentes espaços. Neste sentido, é importante desenvolver investigações sobre as relações, por vezes complexas, entre o homem e o ambiente urbano ou outras zonas que o rodeiam, em especial, aqueles bairros com condições críticas de saúde, alimentação, energia e/ou contaminação. Estas investigações podem constituir um ponto de partida para influenciar os governos locais a procurar soluções viáveis, principalmente no que concerne a questões ligadas à poluição do meio.

Assim, surgiu o interesse em efectuar um estudo sobre a poluição por partículas para avaliar a contaminação do ambiente na cidade de Benguela.

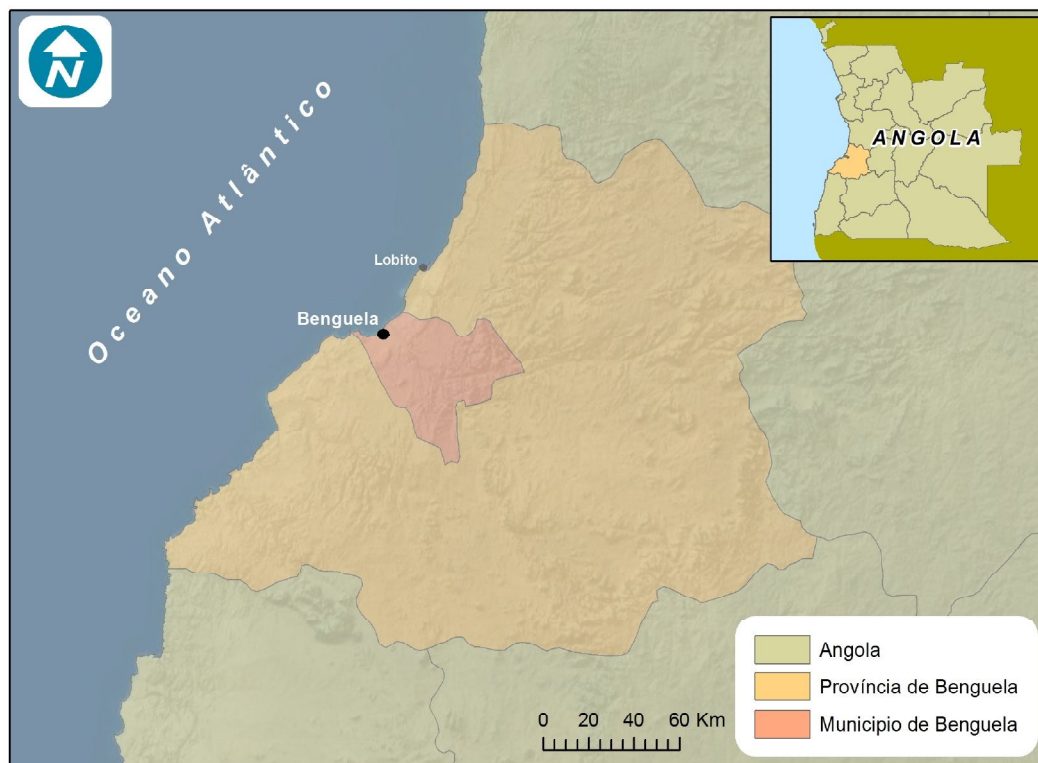


Figura 1 – Localização da cidade de Benguela.

1.2 - Objectivos

Para desenvolver este estudo foi definido como objectivo principal caracterizar os níveis de poluição por partículas na cidade de Benguela e como objectivos específicos:

- 1) - Caracterizar as partículas de poeiras através das suas propriedades magnéticas (susceptibilidade magnética, magnetização remanescente isotérmica e parâmetro S) na cidade de Benguela, a partir da selecção de locais representativos;
- 2) - Avaliar a variação sazonal dos níveis de poluição por partículas com amostragens na época seca e na época chuvosa;
- 3) - Diagnosticar os níveis de poluição por partículas e relacioná-los, se possível, com a qualidade de vida e saúde das populações.

2 – Enquadramento teórico

2.1 – Poluição por partículas

O ambiente é sustento e lar dos seres vivos. Um dos sistemas que mais tem sido agredido pelo ser humano é o ar, tendo o Homem, através da sua evolução, modificado, desde sempre, o seu meio natural para adapta-lo às suas necessidades. Contudo, foi especialmente na Revolução Industrial que o ser humano começou a transformar a face da Terra através da sua diversidade de actividades.

Actualmente, com um crescimento demográfico rápido e com as exigências das sociedades, criou-se uma procura de recursos sem precedentes, submetendo o meio a uma agressão que está causando o declínio, cada vez mais acelerado, da qualidade do ambiente e, conseqüentemente, da capacidade de sustentar a vida dos seres.

Na Constituição Angolana, bem como na lei de Bases do Ambiente, Capítulo I, Disposições Gerais, Artigo 3º consta que todos os cidadãos têm direito a viver num ambiente sadio e usufruir dos benefícios da utilização racional dos recursos naturais do País, decorrendo daí as obrigações em participar na sua defesa e uso sustentado, respectivamente; Todos os cidadãos têm direito a um ambiente ecologicamente equilibrado, impondo-se às entidades indicadas e a todos o dever de defendê-lo e preservá-lo para as gerações presentes e futuras. Na lei de Bases do ambiente inscreve-se como deve ser tratado o ambiente de forma equilibrada e sustentável, prevendo punições para o uso indiscriminado e sem um padrão de sustentabilidade; É devido o respeito aos princípios do bem-estar de toda a população, à protecção, preservação e conservação do ambiente e ao uso racional dos recursos naturais, cujos valores não podem ser subestimados em relação a interesses meramente utilitários.

A poluição por partículas tornou-se um dos problemas mais graves da actualidade, resultante da acção do homem no seu afã de promover o desenvolvimento económico, pelo que devem ser aplicadas medidas rigorosas para eliminar ou minimizar os seus efeitos. Se não forem tomadas medidas de minimização a nível local e internacional, é de esperar que toda humanidade corra perigo de extinção. Lei de Bases do Ambiente e Convenções.

Este problema vai existir sempre que resíduos sólidos, líquidos e gasosos produzidos por microrganismos ou lançados pelo homem na natureza, forem superiores à capacidade de absorção do ambiente, provocando alterações na sobrevivência das espécies.

2.2 – Origem das partículas

A matéria particulada é constituída por uma mistura heterogénea de partículas sólidas e/ou líquidas suspensas na atmosfera. O seu tamanho e composição dependem das fontes emissoras, e pode variar desde 0,002 micra a mais de 100. O transporte rodoviário e a indústria energética são as principais fontes emissoras destas partículas.

As partículas podem ser de origem natural ou devidas à actividade humana. Algumas surgem de maneira natural, resultantes de vulcões, incêndios florestais, poeiras dos desertos, etc. As actividades humanas, como a queima de combustíveis e a alteração da superfície terrestre, representam por sua vez, aproximadamente 10% do total das partículas suspensas na atmosfera (Google académico).

A dimensão das partículas é expressa em relação ao tamanho aerodinâmico, definido como o diâmetro de uma esfera densa que tem a mesma velocidade de sedimentação que a partícula em questão (Dockery e Pope, 1994 in Dias, 2005), variando geralmente, entre 0,01 e 0,20 μm (Petrovsky e Ellwood, 1999). Como mencionado anteriormente, a perigosidade da matéria particulada depende do seu tamanho, sendo as partículas de menor dimensão as mais perigosas. A matéria particulada divide-se em dois grupos, partículas grandes com diâmetro compreendido entre 2,5 e 30 μm , também chamadas de “tipo grosseiro”, que incluem ainda o subtipo das partículas inaláveis (com diâmetro maior 2,5 μm e menor a 10 μm) e as partículas finas, com diâmetro inferior a 2,5 μm . As partículas com diâmetro inferior a 10 μm e 2,5 μm são designadas PM10 e PM2,5, respectivamente.

2.3 – Partículas de origem natural

As partículas de origem natural têm a sua maior incidência em vulcões, tempestades de poeiras e incêndios florestais. A pulverização de água marinha é também uma grande fonte de partículas suspensas na atmosfera.

Os materiais presentes em amostras de poeira podem ter origens diferentes, algumas naturais e outras como resultado da investigação do homem. É essencial conseguir a categoria entre essas origens. A origem dos minerais depende do tipo de material que se considera e da sua formação. As erupções vulcânicas são também a origem do aparecimento de minerais ferrimagnéticos na matéria particulada atmosférica, verificando-se que os valores da susceptibilidade magnética medidos em sedimentos lacustres e marinhos de áreas vulcânicas são elevados (Thompson e Oldfield, 1986). Os incêndios são outro dos

principais responsáveis pela existência de material ferrimagnético, pois auxiliam processos erosivos, levando a que, por ação do vento, esse material incorpore as poeiras atmosféricas. Além disso, o aquecimento de compostos de Fe, durante a queima de solos superficiais, leva a formação de partículas fortemente magnéticas. Por sua vez, a desflorestação contribui fortemente para a não remoção da atmosfera dos gases responsáveis pelo efeito estufa (GEE). Algumas das partículas magnéticas podem ainda resultar de fluxos cósmicos de partículas extraterrestres (Dias, 2005).

2.4 – Partículas de origem antrópica

Tem sido frequentemente referido que a poluição atmosférica de origem antrópica é sem dúvida a principal responsável pela degradação do ar, sendo o transporte rodoviário e a indústria energética apontados como fontes emissoras principais destas partículas. É também importante notar que a matéria particulada em meios urbanos contém, quase invariavelmente, partículas ferrimagnéticas *s.l.* (e.g, Matzka e Maher, 1999; Petrovsky e Ellwood, 1999; Hunt *et al.*, 1984, Flanders, 1994, Morris *et al.*, 1995 in Maher *et al.*, 2008). Em termos de composição, análises destas partículas mostram um enriquecimento num conjunto de elementos potencialmente tóxicos, incluindo Fe, Pb, Zn, Ba, Mn, Cd, Cr, C, N, V, Br, Si, Ti, Al, Na e Cl.

Thompson e Oldfield (1986) concluíram que a maioria das partículas ferrimagnéticas lançadas na atmosfera tem origem na queima de combustíveis fósseis, em especial carvão e derivados de petróleo. Estas partículas derivam da presença de compostos de Fe nos combustíveis, que se formam a partir da queima de resíduos não voláteis, muitas vezes uma mistura de óxidos de Fe fracamente magnéticos (tipo hematite) e fortemente magnéticos (tipo magnetite) Muxworthy *et al.*, 2003; Maher *et al.*, 2008). Dependendo do tipo de combustível e da temperatura de combustão, as partículas ferrimagnéticas finas são maioritariamente esférulas e grãos de forma irregular, que contêm quantidades e granulometrias variáveis de grãos de magnetite e hematite (Moreno *et al.*, 2003). Logo, é então reconhecido que as partículas magnéticas se encontram associadas a partículas atmosféricas (Hunt *et al.*, 1984, Hunt, 1986 in Shilton *et al.*, 2005). Regista-se ainda que a maioria dos combustíveis fósseis é essencialmente não magnético, com momentos magnéticos correspondentes a aproximadamente 10 ppm de magnetite, no entanto, os produtos da queima de combustíveis fósseis são muitas vezes ricos em magnetite, com um conteúdo estimado entre 500 e 10 000 ppm (Flanders, 1994 in Petrovsky e Ellwood, 1999).

A título de exemplo pode mesmo referir-se que em cinzas de carvão o teor de magnetite pode chegar a 160 000 ppm (Petrovsky e Ellwood, 1999).

2.5 – Efeitos da poluição por partículas na saúde humana

O homem, mergulhado na atmosfera que o rodeia, faz passar pelos seus pulmões, em média, 12m³ de ar por dia. Este ar mergulha no sistema respiratório, atingindo as regiões mais profundas, tomando contacto com os alvéolos pulmonares e irrigando uma área de mais de 70m².

O ar deverá transportar o vital oxigénio, mas poderá também levar outros gases menos saudáveis, além de matéria particulada de tamanho suficiente para atingir os alvéolos, e destes serem removidos e levados para as regiões onde podem ser absorvidos, ou onde vão produzir acção irritante mais ou menos acentuada. As partículas em suspensão carregam consigo elementos químicos tóxicos, que de uma forma geral, apresentam massa atómica elevada e caracterizam-se pelo efeito biocomulativo (Gil *et al.*, 2005). O mercúrio, o chumbo, o cádmio, o magnésio e o zinco, são os elementos químicos tóxicos mais estudados devido os seus efeitos na saúde dos seres humanos.

A inalação de poeiras minerais pode danificar o tecido pulmonar, levando à doença e até à morte. A exposição excessiva a poeiras minerais danifica os pulmões, consistindo os danos em pequenos nódulos de tecido cicatrizado. Uma vez que estes nódulos comecem a convalescer, a doença torna-se progressiva e independente de exposições futura. É nesta altura que as falhas respiratórias e a doença se tornam aparentes. Isto encontra-se associado a perturbação das trocas gasosas, que levam, por fim, a falhas respiratórias. Adicionalmente, os pulmões tornam-se mais sensíveis a infecções Wagner (1980 in Bell, 1998).

O uso do automóvel levanta um conjunto de problemas que podem ir da segurança ao ambiente, passando pela economia e saúde pública. Os efeitos da poluição atmosférica causada pelos veículos, abrangem uma série de áreas, nomeadamente na saúde e desenvolvimento das crianças durante o período pré-natal, no desenvolvimento do sistema respiratório e da função pulmonar e na incidência de cancro na infância (Schmilt *et al.* 2004: 2-12) os mesmos autores sintetizam também o actual conhecimento sobre as ligações entre a poluição atmosférica e os efeitos ao nível do desenvolvimento neurológico e sistema nervoso.

Maher *et al.* (2008) referem ainda que o envenenamento por Pb a partir da poluição dos veículos tem sido combatido internacionalmente com a substituição da gasolina com Pb, e que esta substituição nos derivados de petróleo, como combustíveis e tintas, resultou em grandes reduções no envenenamento por Pb em crianças.

As defesas naturais do homem, contra as impurezas do ar, são muito escassas. Entre elas podemos citar (MINUA.2006):

- 1) Secreção mucosa das vias aéreas superiores, que tende aglutinar as partículas sólidas e fixar gases e vapores;
- 2) Cilho que vão desde a traqueia até aos brônquios com a finalidade de levar as partículas inaladas em direcção à faringe;
- 3) Movimento peristálticos dos bronquíolos, colaborando na eliminação de partículas;
- 4) Forma peculiar das fossas nasais, fazendo com que as partículas de maior tamanho sejam precipitadas sobre a base da língua;
- 5) Espasmos das cordas vocais e da musculatura brônquica, procurando evitar a penetração de impurezas nas partes mais profundas das vias aéreas;
- 6) Reflexos de tosse e espirro, criando violentas correntes de ar com a finalidade de expulsar substâncias estranhas das vias aéreas.

Partidário, (2003:109) sugere 4 níveis para a classificação dos efeitos da poluição por partículas sobre a saúde humana, sendo: 1) ausência de efeitos biológicos apreciáveis pelos métodos actuais de investigação; 2) irritação dos órgãos sensoriais; 3) efeitos adversos sobre função biológica, podendo chegar a doenças crónicas; 4) doença aguda e morte.

As doenças pulmonares crónicas, particularmente a asma e a fibrose cística, são especialmente mais vulneráveis, logo são necessários investimentos e trabalhos de pesquisa sobre a qualidade do ar para minimizar diversas patologias que afectam principalmente a saúde do ser humano.

3 – Um Estudo de Magnetismo Ambiental em Benguela, Angola

3.1 – Caracterização da área em estudo

O estabelecimento da maioria dos povos de Angola teve por base o processo de difusão etnolinguística Bantu, de norte para sul, que ocorreu de forma não linear há mais de dois mil anos. Este processo migratório culminou com a constituição de estados africanos, dos quais resultou a actual configuração etnodemográfica de Angola.

O território actual da Província de Benguela assistiu, a partir de 1617, ao estabelecimento das primeiras missões católicas europeias, mais concretamente portuguesas. O reino de Benguela surge como resposta ao contexto vigente na época e à necessidade, então identificada pela coroa lusa, de fazer a ligação por terra entre a costa ocidental africana e Moçambique, visando a fortificação e consolidação da paz do reino de Portugal.

Os mais antigos indícios da presença portuguesa são, no entanto, anteriores, datando de 1578, marcando, desta forma, o início da exploração do Sul de Angola. Manuel Cerveira Pereira, Governador de Benguela de 1615 a 1617, fundou na Baía de Santo António, no dia 17 de Maio de 1617, a cidade de S. Filipe de Benguela. Monografia da Província de Benguela

Os conquistadores da época, ao serviço da coroa portuguesa, derrubaram os Vandombe de Cingongo (cujo sistema sociopolítico, por serem povos pastores, era instável) e edificaram um presídio. Contudo, não se verificaria a possibilidade da exploração da região como se previu, nem a localização da cidade foi a mais favorável, pela existência de pântanos e de um subsolo cujo principal recurso era o cobre, de qualidade aquém da esperada.

Assim, nos primeiros anos, Benguela foi um esboço de povoação, uma espécie de arraial, rodeada por terrenos calcinados e por vegetação típica, que o rigor do clima vestia de luto Consult (*In*: Sociedade Angolana de Estudos e Consultoria, Lda)

Benguela, nestes primeiros tempos, caracterizou-se por “casas moderníssimas, de pau a pique, cobertas de capim e algumas cubatas, vegetação espinhosa e salgada, em redor de pântanos multiplicados pela natureza dos terrenos, falta de recursos, de higiene e do conhecimento das origens nefastas da malária, calor húmido e sufocante na época chuvosa, agravado pelo cacimbo (Consult, 2007: 13)

Em 1705, a cidade foi destruída pelos Franceses no âmbito da guerra aberta entre os reis de França e de Portugal. Em 1710, os Portugueses voltaram a tomar a cidade, tendo

reconstruído, então, a fortaleza de Benguela. Em 1748, começaram a ser construídas as primeiras casas de pedra e cal, entre elas a igreja.

O plano de urbanização da cidade entrou em vigor em 1941, surgindo então novos bairros a uma cadência invejável, todos eles devidamente bem estruturados, beneficiando de arruamentos asfaltados em curto espaço de tempo, bem como de redes de esgotos, ligação de água e luz. Construíram-se prédios, criaram-se novos espaços verdes, parques infantis, alargaram-se ruas, romperam-se avenidas, melhorou-se o piso das faixas rodoviárias, alindaram-se os numerosos jardins dispersos por todo perímetro urbano. (Monografia da Província de Benguela).

De 1961 a 2002, Benguela alterou o seu mosaico sócio cultural consideravelmente. Ao mesmo tempo que as populações de origem europeia emigravam devido à guerra, este mesmo motivo fazia as populações do interior do país migrarem para o litoral.

Como se percebe, a evolução do retrato histórico de Benguela está implícita no país inteiro e reflecte toda a sua trajectória e obediência a distintas dinâmicas sociais e políticas, em diferentes estados do crescimento demográfico.

Entretanto, a construção do Caminho-de-ferro de Benguela e do Porto Comercial do Lobito transformou a província no motor de desenvolvimento do planalto de Angola.

Recordando o seu passado e também tudo quanto concretizou no século XX, colocamos os olhos no futuro e, com a certeza do que a história nos relata, temos a fé que, passados os tempos conturbados, a cidade e a província, reconquistarão o espaço que lhes pertenceu sempre no contexto angolano.

3.1.2 - Extensão e limites

O Município de Benguela está situado na parte Oeste da província de Benguela entre os paralelos de 12º 32' e 13º 10' de latitude Sul e os meridianos de 13º 16' e 13º 58' de longitude Este. Ocupa uma área com cerca de 2100 km² que corresponde a cerca de 5% da extensão territorial da província, faz fronteira a Norte com o município do Lobito, mais especificamente com a Comuna da Catumbela e com o município do Bocoio, a Este com o município do Caimbambo e Cubal, a Sul com o município da Baia Farta e particularmente com a Comuna do Dombe Grande e, a Oeste, com o Oceano Atlântico.

3.1.3 – Substrato Geológico

Geologicamente, o território de Benguela é composto, essencialmente, por formações de rochas sedimentares marinhas. Estas formações marinhas constituem o conjunto oligocénico e este encontra-se bem desenvolvido ao sul de Benguela e é formado, conjuntamente com o Miocénico, onde se encontram: grés com cimento calcário, silicificados na parte superior do conjunto, argilas e margas siltosas, encerrando concreções greso-calcárias tipo eptaria, calcários com algas e foramníferos, margas com intercalações calcário-gresosas e margas gipsíferas com concreções microgresosas (Neto, 1961).

Ocorrem, também granitos e granitos porfiróides que formam um conjunto de rochas eruptivas, em grande parte localizadas no Pré-câmbrico médio, com larga distribuição na parte leste d município.

As rochas eruptivas são atravessadas por fissuras que se entrecruzam, possibilitando a penetração e circulação da água pelas rochas, fazendo do município uma região com aquíferos extensos, densos lençóis freáticos e redes hidrográficas superficiais pouco densas.

3.1.4 – Ocupação antrópica

As áreas urbanas em Angola vêm crescendo de forma significativa, devido principalmente à migração. Este processo ocorreu em várias partes do Sul, devido, essencialmente, ao crescimento natural, às migrações das zonas rurais para as zonas urbanas e às guerras.

O crescimento contínuo da população nos centros urbanos leva a uma elevada invasão dos espaços, muitas vezes com construções anárquicas, e sem ordenamento, impedindo assim a implementação de planos de ocupação do solo pelas entidades de direito. Deste modo, assiste-se ao aparecimento de bairros sem condições de habitabilidade mínimas.

Na cidade de Benguela assiste-se também às situações anteriormente descritas o que obriga a sociedade a reflectir na educação para a conservação e manutenção da higiene e a protecção do meio em seu torno.

O Município de Benguela, cuja capital é conhecida por “Cidade das Acácias Rubras”, é maioritariamente da etnia umbundu que perfaz um total de cerca de 80% do total. Podemos

ainda encontrar outras etnias como os Nganguelas, Kimbundos, Bacongos, Fiotes, Tchokwes, Muquilengues.

A sua população é estimada em 852.669 habitantes, segundo dados de levantamento do Instituto Nacional de Estatística de 1997 (INE-1997). Deste número, 35% são mulheres com idade compreendida entre os 18 a 60 anos, 20% são homens com idades entre os 18 a 65 anos e 45% são crianças e adolescentes de ambos os sexos com idade inferior a 18 anos. O número de nascimentos estima-se em 10 a 15 por dia, enquanto o número de óbitos avalia-se a 1 em cada 100 habitantes, por dia. O município divide-se em 6 zonas: A, B, C, D, E, F que contêm 66 bairros, aldeias e povoações. As zonas de maior densidade populacional são as zonas A e F, subdivididas em 17 e 10 bairros respectivamente, e com a população estimada em 205,294 e 155,441 habitantes, estas cifras correspondem a 41,59% da população total do Município. Monografia da Província de Benguela.

A principal actividade dos munícipes é o comércio informal, com 34%, seguida das actividades domésticas que ocupam 25% da população. Verifica-se, como já foi dito, um grande fluxo das populações vindas dos Municípios do interior da Província.

3.1.5 – Tipo de vegetação

Nesta região, especialmente nas zonas do interior do município, a vegetação é dominada pela estepe, geralmente constituída por ervas rasteiras e maciços de arbustos espinhosos, acácias que evidenciam a secura e ocupam de uma forma descontínua o solo e, na maior parte das vezes, deixam os solos sem vegetação. O Município conheceu, recentemente, o fenómeno da desertificação, que teve avanços significativos de Sul para Norte, no qual se evidenciou o desgaste de material florestal para uso doméstico como combustível. Este abate para consumo de lenha não foi compensado com a devida reflorestação.

3.1.6 – Elementos climáticos

Nesta região da província, predomina o clima tropical seco e quente. A estação das chuvas é mais longa que a de cacimbo. A temperatura média anual é de 25 °C e a precipitação média anual é de 446,5 mm (Monografia da Província de Benguela) Por Benguela, passa a corrente fria oceânica conhecida pelo mesmo nome e que refresca o ar durante a noite.

3.1.7 – Indústrias principais e sua localização

O Município de Benguela apresenta algumas Indústrias com algum potencial, situando-se a sua maioria na zona industrial, e poucas dentro da cidade. Entre elas, podemos destacar as Tintas Cin, Sarl, Xadu, Cordangol, Confecções Quinas, Embalagens Holdains (caixas de papel), SlaTery – Confiang (chapas de zinco), Cmdte Jica (metalúrgica), Sociedade Industrial de Móveis, Sociedade de Moagens, Agrafique, Marcenaria Carpintaria Abreus, Fometal (metalurgia).

3.2 – Magnetismo Ambiental

O Magnetismo Ambiental constitui um método importante para a monitorização dos níveis de poluição por partículas. Assim o estudo de poluição através das propriedades magnéticas de poeiras constitui uma das áreas de interesse do magnetismo ambiental. Por exemplo o tráfego automóvel coloca em movimento quantidades variáveis de partículas e algumas actividades industriais contribuem com quantidades variáveis de partículas poluentes.

Actualmente, os estudos de magnetismo ambiental são vistos 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 & Thompson, 1999).

Os estudos sobre a relação das propriedades dos materiais com aspectos do meio tiveram início nos anos 70, do sec. XX, dando origem também à aplicação de técnicas magnéticas em vários tipos de amostras como rochas, solos, poeiras entre outras. Surgiram assim, os estudos de magnetismo ambiental que foi formalmente considerado como disciplina por Thompson *et al.* em 1980 (Thompson and Oldfield, 1986, Verosub & Roberts, 1995, Dekkers, 1997, Maher & Thompson, 1999).

Na actualidade, os estudos de magnetismo ambiental, consideram-se como linha mestra de investigação, com excelentes resultados no domínio das ciências ambientais. Nestes estudos as propriedades magnéticas dos materiais são utilizadas como proxy de diversos processos ambientais em diferentes tipos de amostras (Dekkers, 1997).

3.2.1 – Propriedades Magnéticas dos Materiais

A natureza do comportamento magnético dos materiais é determinada pela interacção dos electrões e pela natureza do seu alinhamento, quando é aplicado um campo magnético externo (Thompson & Oldfield, 1986; Maher & Thompson, 1999): A resposta dos materiais à aplicação de um campo magnético aplicado depende das suas propriedades magnéticas e, por isso, podem classificar-se como diamagnéticos, paramagnéticos e ferromagnéticos *s.l.*

A matéria é constituída por átomos e estes possuem um núcleo central de carga positiva, em torno do qual giram os electrões. Além de movimento orbital, em torno do núcleo, os electrões giram em torno de um eixo que passa pelo seu centro, este movimento é conhecido pela palavra *spin*. Existe ainda o momento magnético do núcleo, contudo, o seu contributo para as propriedades magnéticas macroscópicas é muito pequeno, podendo por isso, ser desprezado (Mendiatra, 1995).

A carga electrónica quando em movimento, origina uma corrente eléctrica. Assim no caso do movimento orbital surge uma corrente circular que origina um momento magnético. Logo observam-se dois momentos magnéticos, um orbital e outro de *spin* (Silva, 1993; Mendiratta, 1995).

Diamagnetismo, Paramagnetismo e Ferromagnetismo

O diamagnetismo é resultado do movimento orbital dos electrões que circulando ao redor do núcleo, formam um anel electrónico de corrente e produzem um campo magnético. É também um fenómeno comum a todos os materiais. Qualquer carga em movimento, incluindo electrões orbitais, experimenta uma força, conhecida como força de Lorentz. Esta força induz no material um momento magnético negativo, conhecido como diamagnetismo (Butler, 1999; McElhinny e McFadden, 2000). Pode então dizer-se que o diamagnetismo é a resposta magnética mais comum à aplicação de um campo magnético externo e deve-se em especial, ao movimento orbital do electrão. O material adquire uma magnetização negativa, fraca (momento magnético com sentido contrário ao do campo aplicado) que desaparece assim que o campo magnético externo é removido (Thompson & Oldfield, 1986; Mendiratta, 1995; Maher & Thompson, 1999).

O diamagnetismo observa-se em qualquer átomo, independentemente da direcção inicial do movimento orbital dos electrões. Apesar desta característica universal do fenómeno diamagnético, o seu efeito global a nível macroscópico é muito pequeno.

O comportamento magnético pode ocorrer quando átomos, iões ou moléculas possuem um momento magnético dipolar. Estes dipolos tendem a alinhar-se, por si só, paralelamente à direcção do campo aplicado, provocando uma magnetização positiva fraca (momento magnético com o sentido do campo aplicado). Contudo, dado que a temperatura a que os átomos se encontram é sempre superior a 0° K, a agitação térmica dos electrões tendem a destruir o seu alinhamento e, como consequência, só uma fracção dos momentos estarão paralelos ao campo (paramagnetismo). Deste modo, a magnetização anula-se assim que o campo é removido (Mendiratta, 1995; McElhinny & McFadden, 2000). Na presença de um campo magnético os materiais paramagnéticos apresentam um comportamento oposto ao dos materiais diamagnéticos, tendo tendência a ser atraídos por campos mais fortes (Thompson & Oldfield, 1986; Butler, 1999; McElhinny & McFadden, 2000).

Quando um material paramagnético é sujeito a um campo magnético os momentos magnéticos de *spin* tendem a orientar-se paralelamente a direcção do campo aplicado. Contudo, as energias magnéticas envolvidas são pequenas e a agitação térmica, constante, tende a contrariar as “ordens magnéticas”. O resultado da interacção destes dois factores é o responsável pelo facto da magnetização das substâncias paramagnéticas ser fraca, quando comparada com outras magnetizações. No entanto, os efeitos paramagnéticos são mais dominantes que os efeitos diamagnéticos (Thompson and Oldfield, 1986).

Em certos materiais, o *spin* de um electrão origina um campo magnético que tende a alinhar os *spins* de outros electrões com o do primeiro. Em alguns materiais especiais, este efeito cooperativo é muito intenso e origina zonas, chamadas domínios, onde todos os *spins dos* electrões estão alinhados na mesma direcção. Contudo, a direcção de um domínio pode ser diferente da dos seus vizinhos. Quando se sujeitam estes materiais à influência de um campo magnético externo, são os domínios, cada um como um todo, que tendem a alinhar-se com o campo e não cada um dos *spins*. A energia necessária para orientar os domínios é muito menor que a requerida para orientar cada um dos *spins*. Por esta razão o momento magnético externo, em materiais em que existem domínios, é muito superior ao de outros. Substâncias ferromagnéticas como o ferro (Fe) e o níquel (Ni) são exemplo deste tipo de materiais (Mendiratta, 1995).

Os materiais ferromagnéticos caracterizam-se pelo facto das suas propriedades magnéticas variarem drasticamente, para determinado valor de temperatura, conhecido como temperatura de Curie. Abaixo da temperatura de Curie os materiais ferromagnéticos apresentam uma magnetização remanescente forte. Quando se aproximam da temperatura de Curie, perdem as características de matéria ferromagnética e tornam-se paramagnéticos (Thompson & Oldfield, 1986; Butler, McElhinny & McFadden, 2000).

A magnetização remanescente dos materiais ferromagnéticos resulta da sua capacidade de magnetização espontânea, que existe mesmo na ausência de um campo magnético. Todos os momentos magnéticos de electrões vizinhos estão paralelamente alinhados.

Uma outra propriedade dos materiais ferromagnéticos é o facto de apresentarem um momento magnético muito superior ao dos materiais paramagnéticos e diamagnéticos. A intensidade elevada dos momentos magnéticos fortes deve-se ao facto das interacções magnéticas entre átomos vizinhos serem tão fortes que permitem alinhar os momentos magnéticos, vencendo a agitação térmica (Thompson & Oldfield, 1986).

Uma substância diz-se ferrimagnética quando, sujeita a acção de um campo magnético, tem a capacidade de ser magnetizada, ou seja, adquirir características do campo magnético a que está sujeita. É o caso de alguns óxidos e sulfuretos de ferro, constituintes das rochas. Este processo ocorre, por exemplo, com a magnetite (Fe_3O_4), daí o facto de quando suspensa se orientar sempre no sentido do norte magnético (Thompson & Oldfield, 1986).

Aparentemente, o ferrimagnetismo é muito semelhante ao ferromagnetismo e, na realidade, mesmo utilizando técnicas magnéticas, torna-se muito difícil distinguir estes dois tipos de substâncias. Os materiais ferrimagnéticos apresentam magnetização remanescente abaixo da temperatura de Curie e, tal como os materiais ferromagnéticos, tornam-se paramagnéticos acima destes valores de temperatura.

O comportamento dos materiais ferrimagnéticos (ferrites) depende, em particular, da sua estrutura cristalina. As ferrites mais comuns são, normalmente, óxidos de ferro (por exemplo a magnetite) com uma estrutura em espinela e apresentam momentos magnéticos antiparalelos e de diferentes magnitudes (intensidades) (Thompson & Oldfield, 1986; McElhinny & McFadden, 2000). No entanto, existem outras ferrites que apresentam baixa condutividade eléctrica, o que lhes confere múltiplas aplicações industriais. Destacam-se os óxidos de manganês e de zinco, largamente utilizados em componentes de material relacionado com radiofrequência e em memórias de computador (Thompson & Oldfield, 1986).

Também os materiais antiferromagnéticos apresentam dois momentos magnéticos mas, neste caso, de igual intensidade. Este facto faz com que a magnetização total do material seja nula. Contudo, a orientação dos momentos magnéticos pode ser destruída pela agitação térmica, quando se atinge a temperatura de Néel (Thompson & Oldfield, 1986).

Qualquer modificação no arranjo antiferromagnético pode conduzir a uma magnetização espontânea. O antiferromagnetismo pode apresentar uma outra forma, denominada de

antiferromagnetismo imperfeito. Este tipo de antiferromagnetismo pode surgir devido a existência de impurezas ou devido a um desvio de *spins* dos electrónicos, motivado por uma ligeira modificação da estrutura antiferromagnética propriamente dita (Thompson & Oldfield, 1986). A hematite é um exemplo de um mineral com características ou propriedades de antiferromagnetismo imperfeito, motivado por um desvio dos *spins* electrónicos (Thompson & Oldfield, 1986; McElhinny & McFadden, 2000).

3.2.2 – O Magnetismo Ambiental aplicado a estudos de poluição

3.2.3 – Estudos Prévios

Petrus Peregrinus, publica em 1269 a Epistola de Magnete, trabalho que pode considerar-se o primeiro ensaio científico sobre o campo magnético terrestre. Posteriormente, em 1600, William Gilbert criou o magnetismo como ciência, com a edição do livro de Magnete. A observação de anomalias locais na orientação do campo magnético começa a ser utilizada para a prospecção de minérios de ferro na Suécia, em meados do séc. XVII. As propriedades geomagnéticas começam também a ser utilizadas para compreender estruturas geológicas e processos que as originaram. Posteriormente, trabalhos publicados por vários autores, dos quais se destacam os Koenisberger (1938), Thellier (1938) e Nagata (1943) (in Butler, 1992), ajudaram a construir um conjunto sólido de informações sobre o magnetismo ambiental.

De salientar, que para a cidade de Coimbra, desde 2002, têm sido realizados estudos para avaliar os níveis de poluição com recurso à medição de propriedades magnéticas de partículas poluentes e da concentração em elementos químicos que, em determinadas concentrações, podem ser tóxicos, à semelhança do que tem sido feito em muitas outras cidades do mundo, pelo menos desde a década de 90 do século XX (Gomes, 2008). Em 2003, ocorreu o primeiro estudo com recurso a folhas de plantas, realizado por Gomes *et al.* Em 2006, Gomes *et al.*, publicaram um trabalho mais complexo, com objectivo de determinar “em que medida os estudos de magnetismo ambiental permitem traduzir os níveis de poluição, provocados pelo tráfego automóvel, na cidade de Coimbra”. Para tentar responder a esta questão os autores recolheram as amostras de folhas de plantas, tílias, plátanos e loendros que funcionaram como colectores naturais de poeiras. A amostragem e as medições de propriedades magnéticas seguiram métodos semelhantes aos que foram usados neste trabalho (posteriormente escritos no capítulo referente à metodologia).

Gomes *et al* (2006) concluíram que os valores obtidos traduzem os níveis de poluição provocados, essencialmente, pelo tráfego automóvel, mas também por trabalho de construção ou reconstrução de edifícios. De forma geral, verificaram que os parâmetros magnéticos medidos traduzem os níveis de poluição, dado que aos locais com maior intensidade de tráfego automóvel corresponderam acumulações mais elevadas de poeiras, tendo sido possível confirmar a interdependência entre os valores de parâmetros magnéticos e os níveis de tráfego automóvel (Gomes *et al.*, 2006). Verificou-se ainda que, apesar de em termos absolutos os valores médios obtidos para a cidade de Coimbra serem inferiores aos obtidos para outras cidades, como por exemplo aqueles apresentados por Ubat *et al.* (2004) para Colónia, alguns pontos críticos da cidade estão muito próximo desses valores; e as partículas ferrimagnéticas presentes nas folhas de *Nerium oleander* apresentavam diâmetro inferior a 9 µm, pelo que podiam ser considerados muito prejudiciais para a saúde, contribuindo para a diminuição da qualidade de vida (Gomes *et al.*, 2006).

Registou-se também uma correlação positiva e estatisticamente significativa entre os dados obtidos naquele estudo e os valores de PM10 das estações de monitorização da qualidade do ar, o que permitiu concluir que os parâmetros magnéticos medidos em folhas de *Nerium oleander* são um indicador credível dos níveis de poluição urbana em Coimbra (Gomes *et al.*, 2006a). Em 2008, Gomes *et al.* voltaram a recorrer a folhas de *Nerium oleander* para caracterizar a poluição por partículas em Coimbra, concluindo que: os valores dos parâmetros magnéticos são controlados pela proximidade às estradas principais, rotundas, semáforos e variações acentuadas na topografia; as partículas magnéticas têm a mesma origem, como indicam os valores de S ratios; e que as partículas identificadas são maioritariamente PM10 e PM2,5.

Dias (2005) utilizaram uma metodologia semelhante aos estudos referidos nos parágrafos anteriores, na cidade de Viseu. Os objectivos definidos pelo autor foram: estudar os níveis de poluição na cidade de Viseu, através dos parâmetros magnéticos e da concentração em elementos químicos tóxicos; caracterizar as amostras de folhas de *Nerium oleander* e de solos superficiais com base nas suas propriedades magnéticas; estudar a variabilidade dos resultados, em função da localização espacial, temporal e de eventuais fontes poluidoras de origem antrópica (circulação automóvel); estabelecer eventuais relações entre métodos magnéticos e químicos; e a possibilidade de relação entre métodos magnéticos e químicos na identificação da matéria particulada e de elementos químicos presentes em amostras de solos e folhas de *Nerium oleander*. Através da interpretação dos dados, Dias (2005) chegou as seguintes conclusões: 1) os materiais ferrimagnéticos estão mais concentrados nas fracções com partículas de menores dimensões; 2) nas amostras de folhas os valores de

SM são inferiores aos dos solos; 3) os valores de SM superiores à média, correspondem a locais com maior intensidade de tráfego, acontecendo o mesmo com os valores de MRI (indicativos da concentração de partículas magnéticas) e de ARM; 4) nas amostras de folhas detectou-se um aumento temporal dos valores de MRI, o que indica que as partículas ferrimagnéticas não fazem parte da constituição das folhas, mas vão sendo por elas acumuladas; 5) como a MRA indica o tamanho das partículas, valores mais elevados indicam partículas magnéticas com menor tamanho de grão; 6) como o Cr e o Pb não fazem parte dos nutrientes das plantas, estes elementos indicam uma presença poluente; 7) verifica-se que existe uma maior correlação para as amostras de folhas, relativamente às de solos, talvez por estes últimos apresentarem partículas que resultam de longos períodos de acumulação, e 8) a monitorização com folhas de plantas parece ser mais adequada a este tipo de estudo, pois elas apresentam características de colectores naturais e, consoante o tipo de folhas e a data da colheita, é possível obter amostras de poeira antes de serem arrastadas e sofrerem alterações químicas. Com o sucesso do trabalho anterior e tendo verificado que, em todos os trabalhos referidos até a data, foi possível estabelecer uma relação entre os valores dos parâmetros magnéticos, medidos em folhas de plantas e em solos, e a intensidade local de tráfego, Dias *et al.* (2007) seleccionaram, na cidade de Viseu, mais um conjunto de amostras de folhas de *Nerium oleander*, incluindo locais com diferentes intensidades de tráfego, reforçando desta forma as conclusões retiradas no trabalho anterior.

Em Novembro de 2007 foram estudadas trinta amostras de folhas de *Nerium oleander*, na cidade da Figueira da Foz, cujos valores dos parâmetros magnéticos foram depois comparados com os de oito amostras recolhidas, no mesmo dia, na cidade de Coimbra (Gomes, 2008). Os objectivos foram semelhantes aos dos estudos acima referidos e, mais uma vez, se constatou que os locais de maior tráfego automóvel são aqueles que apresentam maior concentração de partículas ferrimagnéticas. Registaram-se valores inferiores na Figueira da Foz em relação a Coimbra, mas estes devem ser entendidos como meramente qualitativos, permitindo assinalar locais com maior ou menor concentração de partículas (Gomes, 2008).

3.3 – Métodos e Técnicas

Para o sucesso deste estudo, foram aplicados vários métodos, tais como: (i) revisão bibliográfica que permitiu recolher dados a partir de trabalhos publicados por diferentes autores e relacionar cada ponto de vista na análise da temática; (ii) o histórico lógico na

análise da trajectória evolutiva da investigação e a génese de suas aplicações contribuíram com exemplos teóricos e práticos; (iii) a observação utilizada ao longo de toda investigação na implementação prática e a aplicação dos colectores passivos; (iv) a comparação para confrontar as amostras em diferentes épocas do ano (seca e chuvosa); (v) a análise de documentos para avaliar o tratamento do problema de investigação em disposições e normativas emanadas pelo Ministério do Urbanismo e Ambiente e conhecer o seu estado actual segundo a lei de Bases do Ambiente em Angola; e (vi) técnicas laboratoriais para o estudo de poluição através das propriedades magnéticas de poeiras. Os métodos e/ou procedimentos matemáticos e estatísticos empregues foram o cálculo das frequências absolutas e relativas (análise percentual) para comparar resultados e determinar os níveis de poluição.

O trabalho consistiu em agrupar os dados segundo a sua natureza, classificar, destacar, analisar, sistematizar, concluir e dar o devido tratamento

Para desenvolver este estudo foi seleccionada uma área na cidade de Benguela, na qual foram distribuídos e colocados vários colectores a uma altura de 2 m, tendo em atenção locais diferenciados quanto à intensidade de tráfego e as épocas do ano.

Para amostrar a matéria particulada existem várias possibilidades mais ou menos expeditas, como, por exemplo, a recolha de folhas de plantas, solos, rochas. Neste estudo, optámos por utilizar tiras de esponja sintética, habitualmente utilizadas para calafetar janelas, as mesmas apresentam vantagem de permitir conhecer com rigor o tempo de acumulação das partículas.



Figura 2 - Esponja sintética usada na absorção de partículas.

3.3.1 – Amostragem e caracterização das amostras

1º Foram seleccionados os locais a amostrar e as superfícies onde seriam colocados os colectores. Sempre que possível, os colectores foram colocados a 2 m de altura.

2º Foi elaborado um mapa com a localização das amostras.

3º As superfícies referidas no ponto anterior foram previamente limpas, antes da sua aplicação.

4º Ao retiramos os colectores nos locais de amostragem, registaram-se as coordenadas geográficas.

5º A retirada dos colectores nos locais de amostragem, foi feita no mesmo dia.

6º Após a retirada dos colectores, estes foram colocados no interior de um envelope devidamente identificado com a numeração da amostra.

Os colectores foram colocados nos locais de amostragens em duas épocas distintas, como já foi referido anteriormente, uns na época seca e outros na época chuvosa. Colocaram-se cinquenta colectores para cada época, na época seca, os colectores ficaram expostos nos locais de amostragem apenas sete e quinze dias, isto por suspeitas de desaparecerem, contudo, recolheram-se trinta e cinco amostras, das quais a 4, 5, 9 e 12 ficaram expostas durante 15 dias. Na época chuvosa também foram colocadas 50 colectores e recolheram-se trinta e sete colectores. As figuras 3 e 4 mostram exemplos de locais onde foram colocados os colectores e na figura 5 projecta-se a localização dos mesmos. Na tabela 1 apresenta-se informação detalhada sobre cada um dos locais amostrados.



Figura 3 – Local de amostragem.



Figura 4 – Local de amostragem.



Figura 5 – Mapa dos locais de amostragem.

Tabela – 1 - Caracterização dos locais de amostragem.

Designação	Coordenadas Métricas			Localização	Caracterização do Local da Amostra
	Latitude	Longitude	Altura (m)		
A-1	S 12° 35' 826"	E 13° 24' 166"	19 m	Av. 10 de Fevereiro, junto a Escola do Ensino Especial.	Espaço ladeado de árvores, junto a uma estrada com tráfego muito intenso.
A-2	S 12° 35' 903"	E 13° 24' 166"	14 m	Av. 10 de Fevereiro, junto ao Cine Monumental.	Espaço ladeado de várias construções, estrada asfaltada e com movimento.
A-3	S 12° 34' 814"	E 13° 24' 217"	11 m	Av. Cmdte. Kassanje, junto a loja Masmorra.	Rua com muito tráfego defronte a um cruzamento; pavimento asfaltado, junto a um Café e uma Esplanada.
A-4	S 12° 34' 815"	E 13° 24' 333"	18 m	Av. Agostinho Neto, junto ao Comité Provincial do MPLA e Café da Cidade.	Avenida bastante movimentada, ladeada de vários prédios que variam entre 1 à 6 andares, Estação de Serviço Kalú-Car, DHL, Sonair.
A-5	S 12° 34' 995"	E 13° 24' 216"	17 m	Av. Agostinho Neto, junto a Direcção Provincial da Indústria Geologia e Minas.	Avenida bastante movimentada, ladeada de prédios que vão entre 1 à 4 andares.
A-6	S 12° 35' 135"	E 13° 24' 124"	16 m	Av. Agostinho Neto, junto a Igreja Sé Catedral.	Avenida bastante movimentada, ladeada de prédios que apresentam boa aparência e, na sua maioria, de 3 à 5 andares, também ladeada por plantas de porte arbóreo, estrada asfaltada junto a uma bomba de combustível, um Snack-bar Catedral, e uma Farmácia.

Tabela – 1 - Caracterização dos locais de amostragem (continuação).

Designação	Coordenadas Métricas			Localização	Caracterização do Local da Amostra
	Latitude	Longitude	Altura (m)		
A-7	S 12° 35'204"	E 13° 24'269"	18 m	Rua Dr. António José de Almeida, junto a Escola Primária Alda Lara.	Espaço ladeado por árvores, junto a uma estrada asfaltada, com tráfego intenso, existência de muitas vivendas.
A-8	S 12° 34'900"	E 13° 24'380"	22 m	Av. Cmdte. Kassanje, junto à Casa Branca.	Espaço ladeado de alguns prédios, um jardim para lazer, parque de Táxi, Rent-a-car, algumas lojas, Barbearia, estrada asfaltada e muito movimentada.
A-9	S 12° 34'816"	E 13° 24'606"	18 m	Rua Aires de Almeida Santos, junto ao Bar.	Espaço ladeado de vivendas, uma Boutique, Marcenaria, Igreja Universal do Reino de Deus, estrada asfaltada com muito tráfego rodoviário, quase sem vegetação.
A-10	S 12° 34'669"	E 13° 24'931"	13 m	Rua Governador Souza Coutinho, junto ao Super Mercado Elibal.	Espaço ladeado de pequenas empresas tais como: Oficina-Auto, Oficina de Bate-Chata, Super Mercado Elibal, estrada asfaltada, junto a uma passagem de nível sem guarda.
A-11	S 12° 35' 726"	E 13° 24' 931"	17 m	Av. Fausto Frazão, junto ao Consulado Português.	Espaço ladeado com algumas árvores, estradas asfaltadas e muito movimentadas.
A-12	S 12° 34' 926"	E 13° 23' 824"	13 m	Avenida Fausto Frazão, junto a Direcção de Emigração e Fronteira de Angola e uma Hospedaria.	Espaço ladeado com pequenos jardins e algumas árvores, estrada asfaltada muito movimentada.

Tabela – 1 - Caracterização dos locais de amostragem (continuação).

Designação	Coordenadas Métricas			Localização	Caracterização do Local da Amostra
	Latitude	Longitude	Altura (m)		
A-13	S 12º 35' 292"	E 13º 24' 052"	21 m	Rua Damas Moura, junto a Escola Cmdte Kassanje.	Espaço ladeado de uma rotunda, estrada asfaltada muito movimentada.
A-14	S 12º 34' 393"	E 13º 24' 116"	13 m	Rua 31 de Janeiro, junto ao Hospital Central.	Espaço ladeado de um jardim com estrada asfaltada e muito movimentada.
A-15	S 12º 34' 987"	E 13º 24' 127"	16 m	Rua 31 de Janeiro, junto ao Banco de Urgência.	Espaço ladeado de poucas árvores, estrada asfaltada e muito movimentada.
A-16	S 12º 34' 669"	E 13º 24' 859"	21 m	Rua Governador Souza Coutinho, junto à Estação do Comboio.	Espaço ladeado com algumas árvores, estrada asfaltada muito movimentada.
A-17	S 12º 35' 826"	E 13º 24' 064"	19 m	Avenida 10 de Fevereiro, junto à Escola do Ensino Especial.	Espaço ladeado com algumas árvores, estrada asfaltada muito movimentada.
A-18	S 12º 35' 908"	E 13º 24' 068"	14 m	Avenida 10 de Fevereiro, junto ao Cine Monumental.	Espaço ladeado de um jardim, estrada asfaltada muito movimentada.
A-19	S 12º 34' 814"	E 13º 24' 217"	11 m	Avenida 10 de Fevereiro, junto à loja Masmorra.	Espaço ladeado de uma Esplanada e um Café, estrada asfaltada muito movimentada.
A-20	S 12º 35'039"	E 13º 24' 366"	23 m	Rua Dr. António José de Almeida, junto à loja Neiva Comercial.	Espaço ladeado de algumas árvores, vivendas, estrada asfaltada pouco movimentada.
A-21	S 12º 35'122"	E 13º 24'028"	19 m	Avenida 10 de Fevereiro, junto ao Prédio dos Oficiais.	Espaço ladeado de algumas vivendas em obras, prédios, estrada asfaltada muito movimentada.

Tabela – 1 - Caracterização dos locais de amostragem (continuação).

Designação	Coordenadas Métricas			Localização	Caracterização do Local da Amostra
	Latitude	Longitude	Altura (m)		
A-22	S 12° 35'190"	E 13° 35'941"	18 m	Rua de Angola, junto à Escola do Bweia.	Espaço ladeado de algumas árvores, vivendas, estrada asfaltada muito movimentada.
A-23	S 12° 35'182"	E 13° 23'933"	19 m	Rua de Angola, junto ao cruzamento com a Avenida 10 de Fevereiro.	Espaço ladeado de algumas árvores, vivendas, estrada asfaltada muito movimentada.
A-24	S 12° 35'217"	E 13° 23'935"	15 m	Rua de Angola, junto à Discoteca Tchirinawa.	Espaço ladeado de algumas árvores, vivendas, estrada asfaltada muito movimentada.
A-25	S 12° 35'217"	E 13° 23'947"	18 m	Rua de Angola, junto à Direcção Provincial das Pescas e Casa de Passagem do MPLA.	Espaço ladeado de algumas árvores, vivendas, junto a um entroncamento, estrada asfaltada muito movimentada.
A-26	S 12° 35'275"	E 13° 24'008"	19 m	Avenida Agostinho Neto, junto à Rotunda do Aeroporto.	Espaço ladeado de uma rotunda com jardim, algumas árvores, junto de uma Farmácia, Lanchonete, Loja da Polícia, estrada asfaltada muito movimentada.
A-27	S 12° 35'292"	E 13° 24'652"	21 m	Rua damas Moura, junto à Lanchonete Eurico.	Espaço ladeado de uma rotunda com jardim, algumas árvores, junto a uma Farmácia, Lanchonete, Loja da Polícia, estrada asfaltada muito movimentada.
A-28	S 12° 34'393"	E 13° 24'116"	13 m	Avenida Fausto Frazão, junto à Rotunda do Hospital Central.	Espaço ladeado de um jardim, estrada asfaltada muito movimentada.

Tabela – 1 - Caracterização dos locais de amostragem (continuação).

Designação	Coordenadas Métricas			Localização	Caracterização do Local da Amostra
	Latitude	Longitude	Altura (m)		
A-29	S 12° 34'900"	E 13° 24'380"	22 m	Avenida Cmdte. Kassanje, junto à Casa Branca.	Espaço ladeado de alguns prédios, jardim para lazer, estrada asfaltada muito movimentada.
A-30	S 12° 35'903"	E 13° 24'166"	14 m	Rua 31 de Janeiro, junto à Loja Marisol.	Espaço ladeado de uma loja, alguns prédios, estrada asfaltada muito movimentada.
A-31	S 12° 34'517"	E 13° 24'486"	19 m	Rua 31 de Janeiro, junto à Loja Marisol.	Espaço ladeado de uma loja, alguns prédios, estrada asfaltada muito movimentada.
A-32	S 12° 34'659"	E 13° 24'700"	19 m	Rua 31 de Janeiro, junto à Estação do Comboio.	Espaço ladeado de prédios que variam entre 4 e 2 andares, algumas árvores, estrada asfaltada muito movimentada.
A-33	S 12° 35'825"	E 13° 24'025"	22 m	Avenida do Aeroporto, junto a um Centro de Recrutamento e Mobilização.	Espaço descampado, ladeado com poucas casas, junto as salas anexas do ISCED, estrada asfaltada, com tráfego intenso.
A-34	S 12° 35'204"	E 13° 24'269"	18 m	Rua Dr. José de Almeida, junto à Escola Alda Lara.	Espaço ladeado de algumas árvores, vivendas, estrada asfaltada e movimentada.
A-35	S 12° 35'135"	E 13° 24'124"	16 m	Avenida Agostinho Neto, junto à Igreja Sé Catedral.	Espaço ladeado de uma Igreja, uma Bomba de Combustível, um Restaurante, alguns prédios que variam entre 1 à 4 andares, estrada asfaltada e muito movimentada.

Tabela – 1 - Caracterização dos locais de amostragem (continuação).

Designação	Coordenadas Métricas			Localização	Caracterização do Local da Amostra
	Latitude	Longitude	Altura (m)		
A-36	S 12° 34'657"	E 13° 24'698"	19 m	Rua 31 de Janeiro, junto à estação de comboio.	Espaço ladeado de prédios que variam de 2 aos 4 andares, muito tráfego.

3.3.2 – Equipamentos e trabalhos laboratoriais

As amostras foram preparadas no Laboratório de Paleomagnetismo do Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra, em 18 de Janeiro de 2011. Os colectores foram retirados dos envelopes de origem, postos numa película de plástico e colocados em envelopes novos, devidamente numerados e identificados.

A susceptibilidade magnética das primeiras amostras foi medida, em 19 de Janeiro de 2011, e a das segundas amostras foi medida em 25 de Maio de 2011, no Laboratório de Magnetismo de Rochas do Centro de Geologia da Universidade do Porto numa Balança de Susceptibilidade Magnética Kapabridge (Agico) – KLY4S (Fig. 6), usando o programa do computador (SUMEAN).

Antes de medir a susceptibilidade magnética das amostras, mediu-se a susceptibilidade do recipiente (porta-amostra) onde posteriormente foram colocadas as amostras (Fig.7). O porta-amostras, apresentou valores que variaram entre -6,6, -8,8 e -9,2x 10⁻⁶ SI. Em seguida, achou-se a média da susceptibilidade do porta-amostras que foi de -8,2x 10⁻⁶ SI, tendo este valor permitido a correcção da susceptibilidade magnética das amostras. Estas foram retiradas dos envelopes, introduzidas no porta-amostras, colocadas no equipamento onde permaneceram o tempo programado e quando retiradas, obtinha-se o valor da susceptibilidade magnética.

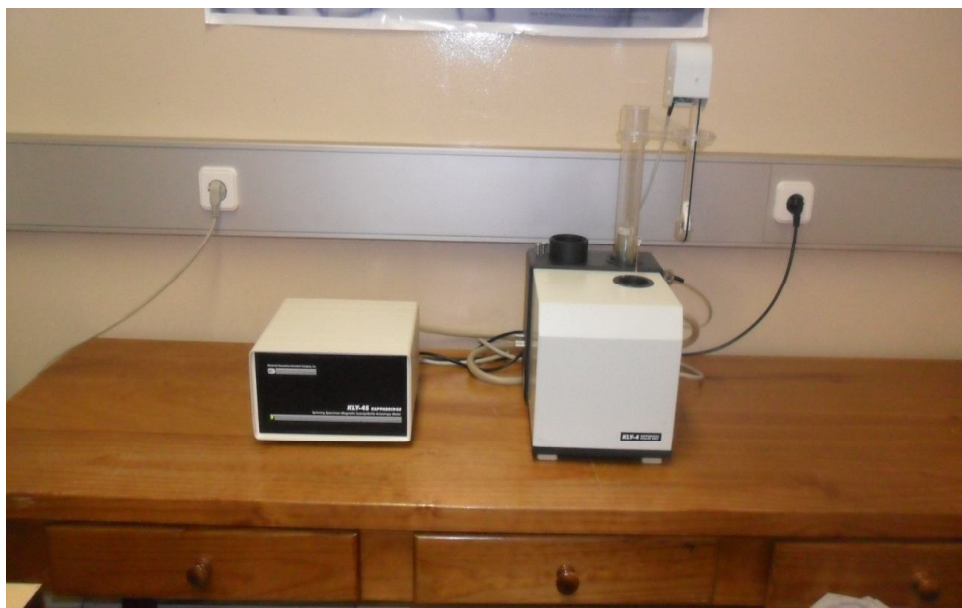


Figura 6 – Kappabridge – KLY 4S usado na medição da Susceptibilidade Magnética.

Os restantes parâmetros foram medidos no Laboratório de Paleomagnetismo de materiais do Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra, em 22 de Janeiro de 2011. Inicialmente, foram analisados os valores da susceptibilidade das amostras, tendo sido as amostras com susceptibilidade positiva seleccionadas para obter curvas de MRI.



Figura 7 – Magnetómetro rotativo usado na medição da Magnetização Remanescente Isotérmica.

Para efectuar a magnetização e as medições, cada colector foi colocado numa caixa de material diamagnético e magnetizado em dois sentidos opostos a 12,5, 25, 35,5, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 600, 800 e 1000 mT. Numa primeira etapa, os campos foram aplicados num sentido. Na segunda etapa, os campos foram aplicados no sentido oposto. Os colectores com susceptibilidade negativa (diamagnéticos) foram magnetizados e medidos a 25, 100, 300, 1000, -25, -100, -300 e -1000 mT. Para todas as amostras foram calculados os quocientes S_{-100} ($MRI_{300\text{ mT}}/MRI_{1T}$) e S_{-300} ($MRI_{-300\text{mT}}/MRI_{1T}$).

Seguidamente foram retiradas dos envelopes, introduzidas num pequeno copo plástico (porta-amostras), colocadas no equipamento, onde permaneceram o tempo programado e quando tiradas, obteve-se o valor da MRI. Para a determinação do valor da massa das amostras, usou-se a balança (SARTORIUS – Fig. 9).

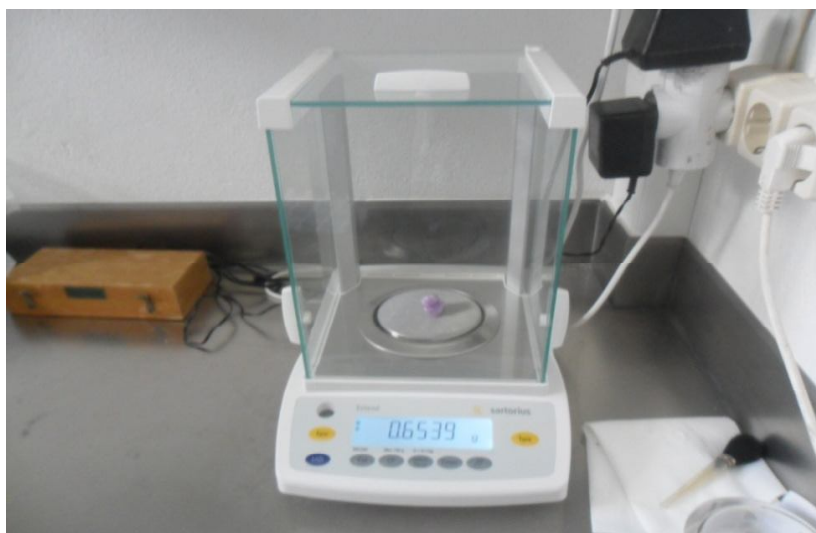


Figura 8 - Balança SARTORIUS usada na medição da massa.

3.4 – Resultados e discussão

Dos trabalhos realizados na região de Benguela, em amostras de colectores que estiveram expostos em 2 épocas distintas (seca, num total de 35, e chuvosa, num total de 37) obtiveram-se os valores dos parâmetros susceptibilidade magnética, magnetização remanescente isotérmica – MRI (1T) e magnetização remanescente isotérmica diária – MRI_d (1T), estimado em função do tempo de exposição dos colectores.

Já foi demonstrado em estudos anteriores que a concentração de partículas, varia principalmente em função a quantidade de tráfego automóvel, e não só, mas também as partículas vindas dos trabalhos de construção e reconstrução de residências e outros.

3.4.1 – Susceptibilidade Magnética

A Susceptibilidade Magnética (K) é um parâmetro que permite quantificar a capacidade que um material tem de adquirir uma magnetização (M) quando colocado na presença de um campo magnético (H). O cálculo da Susceptibilidade Magnética (K) por volume é representado pela seguinte expressão: $M = K \times H$, em que (M) é a magnetização induzida na amostra; (H) é o campo magnético aplicado e (K) representa a susceptibilidade magnética. A susceptibilidade magnética pode ser expressa por volume ou por massa, para este trabalho, utilizou-se a susceptibilidade por massa (χ) que se obtém dividindo o K pela massa da amostra e é expressa em m^3/kg .

Na tabela 2 apresentam-se os valores da Susceptibilidade Magnética por amostra e fracção correspondente as duas fases de amostragem. Através dos dados estatísticos da susceptibilidade magnética das duas épocas apresentados na tabela 3, concluímos que a média de época seca é superior à média da época chuvosa, os valores apresentam uma variação de 242% na época seca e 198% na época chuvosa, os valores mínimos das duas épocas não alteram, o valor máximo é mais alto na época seca.

Tabela 2 – Valores da susceptibilidade magnética, expressos em m^3/kg , em amostras da época seca e da época e chuvosa (d – dias).

Amostra	(χ) Seca	Exposição (d)	(χ) Chuva	Exposição (d)
Benguela1	3,92E-07	7	1,76E-06	15
Benguela2	3,26E-07	7	1,86E-07	15
Benguela3	3,99E-07	7	1,04E-07	15
Benguela4	4,57E-07	7	1,90E-07	15
Benguela5	4,06E-07	7	8,98E-08	15
Benguela6	3,83E-07	7	2,28E-07	15
Benguela7	2,99E-07	7	1,27E-07	15

Tabela 2 - Susceptibilidade Magnética (continuação).

Amostra	(χ) Seca	Exposição (d)	(χ) Chuva	Exposição (d)
Benguela8	4,67E-07	7	7,50E-08	15
Benguela9	1,18E-05	15	1,80E-07	15
Benguela10	3,79E-07	7	2,48E-07	15
Benguela11	3,54E-07	7	1,64E-07	15
Benguela12	1,07E-06	15	1,66E-07	15
Benguela13	2,09E-07	15	1,13E-07	15
Benguela14	3,47E-07	7	1,92E-07	15
Benguela15	3,45E-07	7	1,90E-07	15
Benguela16	2,86E-07	7	2,52E-07	15
Benguela17	4,09E-07	7	3,63E-07	15
Benguela18	4,01E-07	7	1,43E-07	15
Benguela19	4,87E-07	7	4,29E-06	15
Benguela20	4,37E-07	7	1,43E-07	15
Benguela21	3,28E-07	7	2,33E-07	15
Benguela22	3,32E-07	7	2,96E-07	15
Benguela23	3,09E-07	7	1,82E-07	15
Benguela24	2,84E-07	7	1,21E-07	15
Benguela25	3,60E-07	7	3,34E-07	15
Benguela26	3,59E-07	7	1,01E-07	15
Benguela27	2,89E-07	7	1,51E-07	15
Benguela28	2,43E-07	7	8,94E-08	15
Benguela29	3,56E-07	7	1,98E-07	15
Benguela30	3,58E-07	7	7,71E-08	15
Benguela31	4,64E-07	7	1,52E-07	15
Benguela32	5,13E-06	15	1,90E-07	15
Benguela33	2,79E-07	7	2,40E-06	15
Benguela34	5,91E-07	7	4,74E-07	15
Benguela35	5,82E-07	7	8,63E-08	15
Benguela36	nd	nd	1,62E-07	15
Benguela37	nd	nd	3,74E-07	15

Tabela 3 – Dados estatísticos referentes à susceptibilidade magnética (m^3/kg) em amostras da época seca (A) e da época das chuvas (B).

Parâmetro	A	B
Média	8,54E-07	4,00E-07
Desvio Padrão	2,07E-06	7,95E-07
Mediana	3,60E-07	1,83E-07
Coeficiente de Variação	2,42E+00	1,99E+00
Mínimo	7,50E-08	7,50E-08
Máximo	1,18E-05	4,29E-06
n	35	37

3.4.2 – Magnetização Remanescente Isotérmica – MRI (1T)

A Magnetização Remanescente Isotérmica obtém-se por exposição da amostra a um campo magnético de intensidade elevada e a temperatura constante (normalmente trabalha-se à temperatura ambiente). Normalmente aplicam-se na amostra campos de intensidade crescente e mede-se a magnetização após cada aplicação. Quando a amostra não apresenta variação no valor de magnetização, com o aumento da intensidade do campo aplicado diz-se que a amostra atingiu a Magnetização Remanescente Isotérmica de Saturação (MRI_s).

Os valores de Magnetização Remanescente Isotérmica (MRI), para além de fornecerem informação sobre a forma e tamanho das partículas, também fornecem informações sobre a concentração relativa das partículas magnéticas (Urbat *et al.*, 2004).

Os dados obtidos para a Magnetização Remanescente Isotérmica total expõem-se na tabela 4 onde se pode observar a distribuição dos valores por fracção e por amostra, são também destacados nos histogramas projectados nas figuras 13 e 14, para facilitar a leitura dos referidos valores apresentam-se os dados estatísticos projectados na tabela 5.

Através dos histogramas projectados, podemos visualizar que a distribuição dos valores não é igual para as duas épocas, estes na época seca concentram-se nos intervalos 10^{-4} e 10^{-2} , e na época chuvosa, os valores concentram-se nos intervalos 10^{-4} e 10^{-1} .

Comparando os histogramas das duas épocas, verifica-se que as distribuições são similares apresentando aproximadamente 90% para cada época.

Através dos dados estatísticos expostos na tabela 5, podemos observar que o valor médio da época seca é maior que o valor médio da época chuvosa, e os valores apresentados da mediana das duas épocas indicam-nos a existência de valores anómalos que influenciaram a alteração da média, por este facto as duas épocas apresentam uma variabilidade de 500 e 340% dos valores respectivamente.

As amostras 4, 5, 9 e 12 correspondentes à época seca das amostragens, e as amostras 1, 14, 17, 19, 22 e 33 referentes à época chuvosa, obtiveram valores altos devido ao que os colectores correspondentes foram colocados em locais como por exemplo: junto a uma estação de serviço (4), igrejas (9), paragem de táxi, rent-a-car, marcenaria (9), farmácia, lojas (19), aeroporto (33), oficinas, sinais de trânsito (9), painéis publicitários, escolas (1), estradas com tráfego muito intenso etc., como indica a tabela 1 referente a caracterização dos locais de amostragem.

Tabela 4 – Magnetização Remanescente Isotérmica total (d – dias, nd – não determinado).

Amostras	Época Seca	Exposição (d)	Época Chuvosa	Exposição (d)
Benguela 1	2,80E-04	7	1,84E-02	15
Benguela 2	1,61E-04	7	1,72E-03	15
Benguela 3	3,48E-04	7	1,14E-03	15
Benguela 4	9,73E-04	7	1,41E-03	15
Benguela 5	1,26E-03	7	5,19E-04	15
Benguela 6	3,13E-04	7	1,29E-03	15
Benguela 7	1,96E-04	7	1,05E-03	15
Benguela 8	9,51E-04	7	6,03E-04	15
Benguela 9	3,84E-01	15	9,79E-04	15
Benguela 10	3,98E-04	7	1,29E-03	15
Benguela 11	5,60E-04	7	1,88E-03	15
Benguela 12	4,73E-02	15	5,86E-04	15
Benguela 13	4,69E-04	15	5,68E-04	15
Benguela 14	3,50E-04	7	3,12E-03	15
Benguela 15	3,54E-04	7	1,65E-03	15
Benguela 16	4,43E-04	7	2,43E-03	15
Benguela 17	3,25E-04	7	3,07E-03	15
Benguela 18	4,41E-04	7	8,65E-04	15
Benguela 19	3,00E-04	7	1,10E-01	15
Benguela 20	1,26E-04	7	nd	15

Tabela 4 – Magnetização Remanescente Isotérmica total (continuação).

Amostras	Época Seca	Exposição (d)	Época Chuvosa	Exposição (d)
Benguela 21	1,44E-04	7	1,49E-03	15
Benguela 22	2,93E-04	7	2,09E-03	15
Benguela 23	2,42E-04	7	1,18E-03	15
Benguela 24	1,23E-04	7	5,69E-04	15
Benguela 25	9,64E-05	7	2,36E-03	15
Benguela 26	9,86E-05	7	9,61E-04	15
Benguela 27	1,12E-04	7	8,73E-04	15
Benguela 28	1,01E-04	7	5,46E-04	15
Benguela 29	1,40E-04	7	6,03E-04	15
Benguela 30	8,73E-05	7	3,56E-04	15
Benguela 31	Nd	7	8,91E-04	15
Benguela 32	1,34E-04	15	7,98E-04	15
Benguela 33	2,41E-04	7	2,42E-02	15
Benguela 34	3,27E-04	7	8,01E-04	15
Benguela 35	4,40E-04	nd	5,66E-04	15
Benguela 36	Nd	nd	9,38E-04	15
Benguela 37	Nd	nd	2,80E-03	15

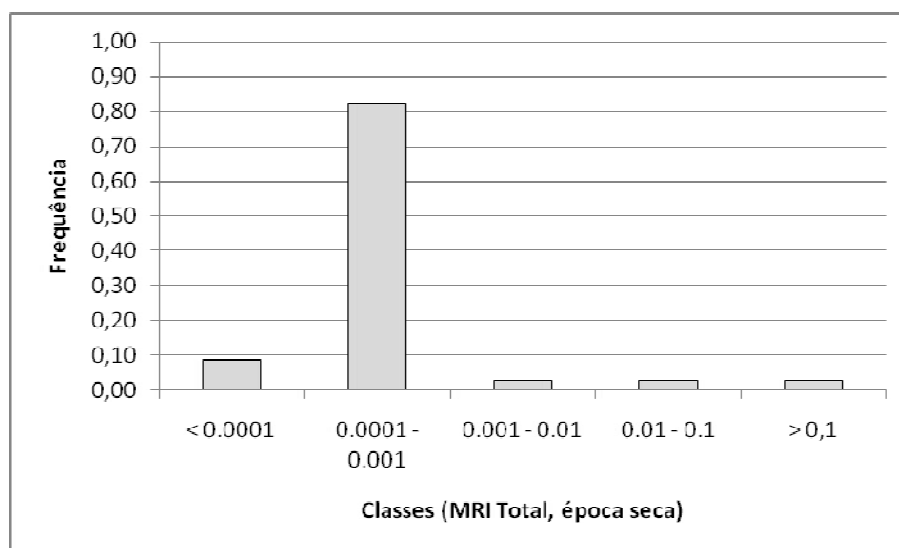


Figura 9 – Histograma dos valores da MRI total correspondente à época seca.

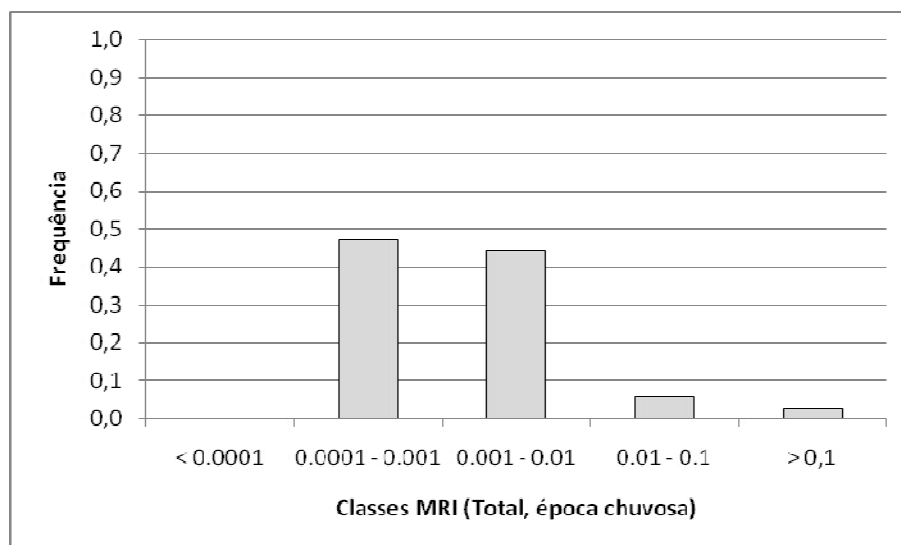


Figura 10 – Histograma da MRI total correspondente à época chuvosa.

Tabela 5 – Dados Estatísticos da MRI total correspondente as duas épocas.

Parâmetros	MRI Total Seca	MRI Total Chuva
Média	1,30E-02	5,41E-03
Desvio padrão	6,60E-02	1,86E-02
Mediana	3,06E-04	1,09E-03
Coeficiente de variação	5,08E+00	3,43E+00
Mínimo	8,73E-05	3,56E-04
Máximo	3,84E-01	1,10E-01
N	34	36

À semelhança dos parâmetros magnéticos apresentados, os valores da Magnetização Remanescente Isotérmica diária expõem-se na tabela 6, tal como esperado, através dos histogramas projectados para as duas épocas, observa-se que os valores para a época seca concentram-se nos intervalos 10^{-4} e 10^{-3} , para a época chuvosa os valores concentram-se nos intervalos 10^{-4} e 10^{-2} , logo conclui-se que os valores subiram relativamente na época chuvosa.

Através dos dados estatísticos apresentados na tabela 7 para este parâmetro, verificamos que a média aritmética da época seca é ligeiramente superior à média da época chuvosa.

Dado que o coeficiente de variação é muito elevado muitas dúvidas persistem sobre o significado das diferenças observadas. Nesta situação será preferível assumir a mediana como o parâmetro mais seguro para avaliar a tendência central da distribuição. A análise dos valores (tabela 7) da mediana revela uma subida clara na época chuvosa em relação à época seca.

Tabela 6 - Magnetização remanescente Isotérmica diária.

Amostras	Época Seca	Época Chuva
Benguela 1	4,00E-05	2,63E-03
Benguela 2	2,30E-05	2,45E-04
Benguela 3	4,97E-05	1,63E-04
Benguela 4	1,39E-04	2,02E-04
Benguela 5	1,80E-04	7,42E-05
Benguela 6	4,47E-05	1,85E-04
Benguela 7	2,80E-05	1,49E-04
Benguela 8	1,36E-04	8,62E-05
Benguela 9	2,56E-02	6,53E-05
Benguela 10	5,68E-05	1,84E-04
Benguela 11	8,01E-05	2,69E-04
Benguela 12	3,16E-03	3,90E-05
Benguela 13	3,12E-05	3,79E-05
Benguela 14	5,01E-05	4,46E-04
Benguela 15	5,06E-05	2,36E-04
Benguela 16	6,33E-05	3,47E-04
Benguela 17	4,65E-05	4,39E-04
Benguela 18	6,30E-05	1,24E-04
Benguela 19	4,29E-05	1,57E-02
Benguela 20	1,79E-05	nd
Benguela 21	2,05E-05	2,13E-04
Benguela 22	4,19E-05	2,99E-04

Tabela 6 - Magnetização remanescente Isotérmica diária (continuação).

Amostras	Época Seca	Época Chuva
Benguela 23	3,46E-05	1,69E-04
Benguela 24	1,75E-05	8,13E-05
Benguela 25	1,38E-05	3,38E-04
Benguela 26	1,41E-05	1,37E-04
Benguela 27	1,61E-05	1,25E-04
Benguela 28	1,44E-05	7,80E-05
Benguela 29	2,00E-05	8,61E-05
Benguela 30	1,25E-05	5,08E-05
Benguela 31	nd	1,27E-04
Benguela 32	8,96E-06	5,32E-05
Benguela 33	3,45E-05	3,46E-03
Benguela 34	4,67E-05	1,14E-04
Benguela 35	6,29E-05	8,08E-05
Benguela 36	nd	1,34E-04
Benguela 37	nd	4,00E-04

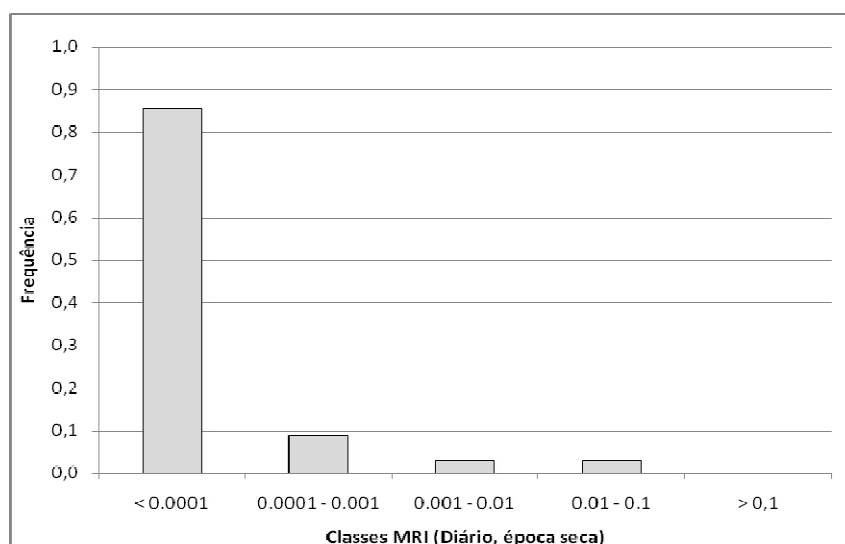


Figura 11 – Histograma dos valores da MRI diária correspondentes à época seca.

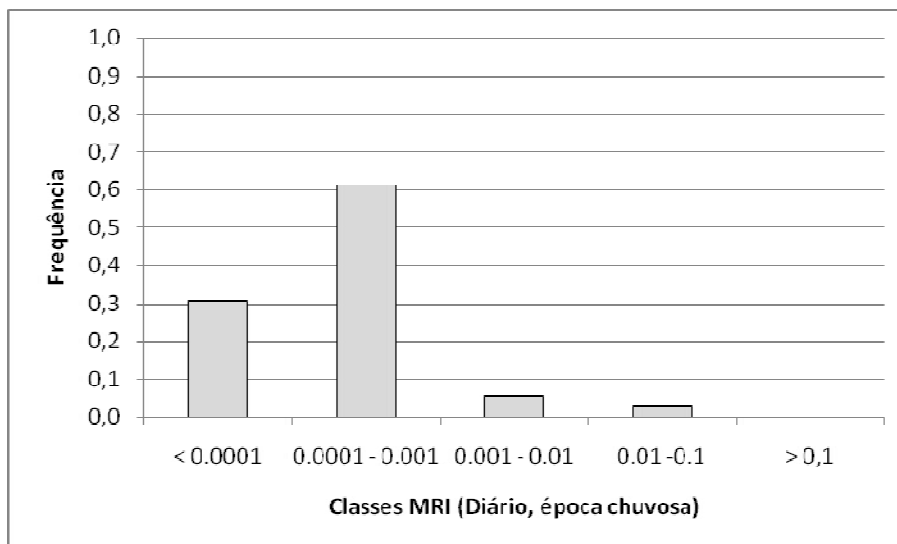


Figura 12 – Histograma dos valores da MRI diária correspondentes à época chuvosa.

As amostras 4, 5, 9 e 12 correspondentes a época seca e as amostras 1, 14, 17, 19, 22 e 33 referentes a época chuvosa, como se observam nas figuras 13 e 14, obtiveram valores de Magnetização Remanescente Isotérmica e Susceptibilidade Magnética altos em relação a outras amostras porque foram colocadas junto à estação de serviço, igrejas, paragem de táxi, marcenaria, sinais de trânsito e principalmente em estradas com trânsito rodoviário muito intenso, que é considerado o maior influenciador da matéria particulada.

Tabela 7 - Dados estatísticos referentes à magnetização remanescente Isotérmica diária.

Parâmetros	MRI diária Seca	MRI diária Chuva
Média	8,90E-04	7,66E-04
Desvio Padrão	4,40E-03	2,65E-03
Mediana	4,24E-05	1,56E-04
Coeficiente de Variação	4,94E+00	3,46E+00
Mínimo	8,96E-06	3,79E-05
Máximo	2,56E-02	1,57E-02
n	34	36

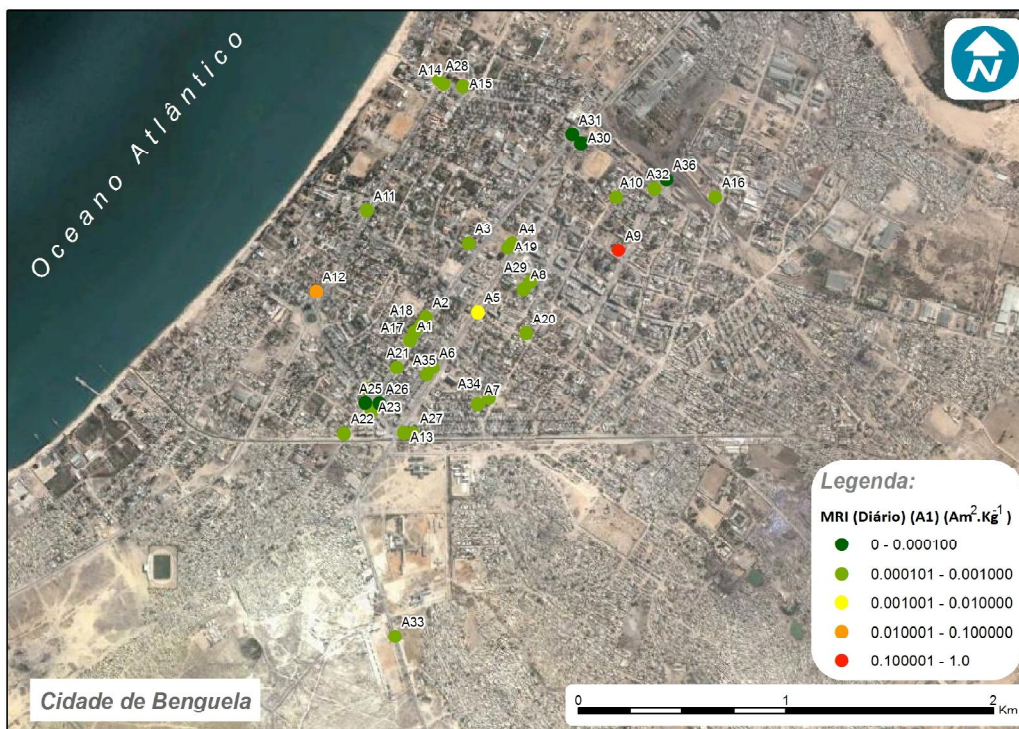


Figura 13 – Mapa de Magnetização Remanescente Isotérmica diária relativa à época seca.

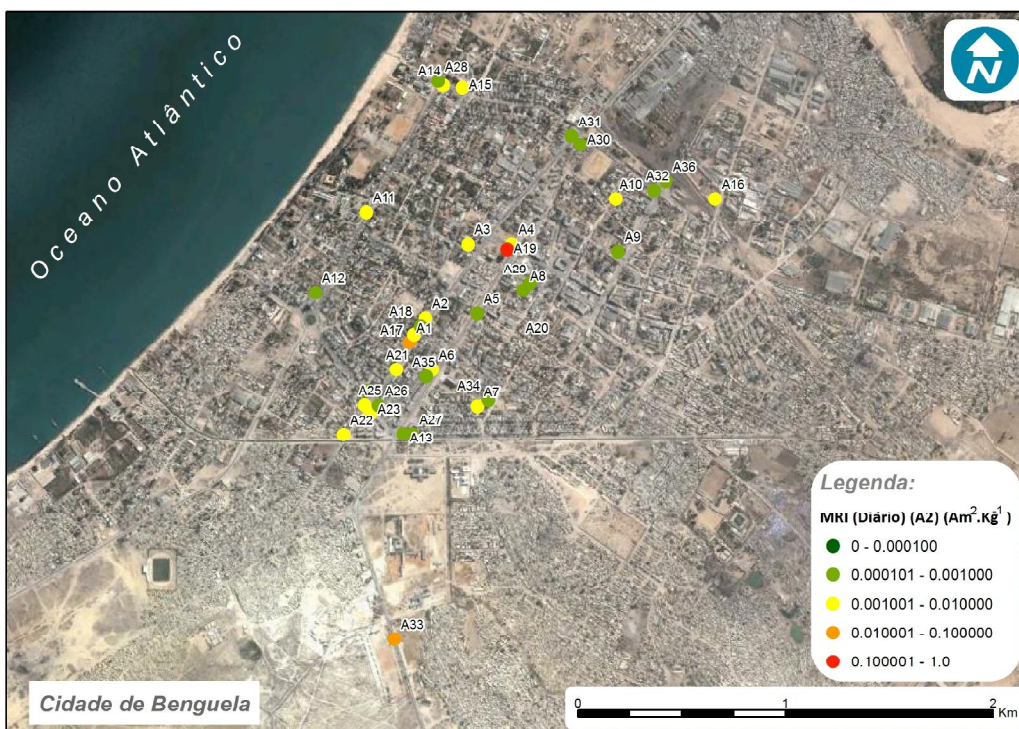


Figura 14 – Mapa de Magnetização Remanescente Isotérmica diária relativo à época chuvosa.

Os valores correspondentes à média, desvio padrão, mínimo e máximo de MRI_{1T} , S_{300} , S_{-300} foram calculados em função da massa obtida nas amostras da cidade de Benguela em duas épocas conforme indica a tabela 8. Os valores médios são próximos de 1 o que indicará a presença de magnetite na matéria particulada.

Tabela 8 – Parâmetros Estatísticos de MRI_{1T} , S_{-300} e S_{300} .

Parâmetros	1ª Época			2ª Época		
	IRM Am^2kg^{-1}	S-300	S_{300}	IRM Am^2kg^{-1}	S_{-300}	S 300
	35	35	35	37	37	37
Média	1,30 E-02	9,61E -01	9,44E-01	3,33 E-01	2,65E+02	9,13E-01
Desvio-padrão	4,40 E-04	1,73E -01	8,01E-02	3,56 E-04	1,60E+03	1,60E-01
Mínimo	4,40 E-04	5,24E -01	8,10E-01	1,21 E+01	9,47E+00	9,44E+00
Máximo	1,30 E-04	1,38E+00	1,13E+00	1,99 E+00	9,76E+03	1,01E+00

4 – Conclusões

Este trabalho, constitui um primeiro estudo no âmbito de poluição por partículas na cidade de Benguela, com carácter inédito, logo, fazendo da protecção do meio um importante tema na abordagem de todos aspectos ligados ao desenvolvimento social e económico da Província, estaremos assim a cooperar com o país e o mundo no esforço internacional na resolução dos problemas ambientais.

A matéria particulada, na época seca e chuvosa, não apresenta iguais concentrações em todo espaço, varia também em função principalmente do tráfego rodoviário de automóveis, dos trabalhos de construção e reconstrução de obras que se verificam em quase toda cidade.

Os resultados obtidos através dos parâmetros utilizados na medição das amostras, permitiram concluir que entre as cidades de Benguela, Lobito e vila da Catumbela, os valores mais altos que traduzem maior concentração de matéria particulada, foram encontrados em Benguela.

A utilização de tiras de esponjas sintéticas como colectores naturais de poeiras atmosféricas, apresentam vantagens de absorver apenas partículas poluentes, constituindo assim um método e um indicador na monitorização de poluentes atmosféricos em especial da matéria particulada.

Finalmente, somos de opinião que em próximos trabalhos de poluição por partículas, os colectores a serem usados fossem de maior tamanho em relação aos aplicados neste estudo, que o tempo de afixação dos colectores fosse superior a 15 dias, que as fases de amostragem tivessem o mesmo tempo para melhor compara-las, que se façam análises químicas para determinar o tipo de minerais existentes na matéria particulada da cidade em estudo.

RECOMENDAÇÕES

A poluição por partículas pode afectar a saúde e a qualidade de vida dos seres vivos em particular do ser humano, com o trabalho efectuado e os resultados obtidos, recomendamos:

1 – A Direcção Provincial do Urbanismo e Ambiente, junto do Governo Provincial e do Ministério do Urbanismo e Ambiente, devem criar centros de inspecção para monitorar e analisar a qualidade do ar bem como a criação de laboratórios para avaliar os níveis de partículas poluentes na província e no país.

2 – O Governo da Província deve criar políticas de reabilitação das vias públicas bem como o calcetamento de passeios, em função do aumento do tráfego rodoviário, sendo este o principal transportador da matéria particulada

3 – Divulgar os resultados obtidos através de participação em diferentes eventos afins ao tema, propiciando assim como medidas para minimizar a poluição por partículas.

5 – Bibliografia

- Administração Municipal De Benguela 2009. Relatório do 1º trimestre 2009 Benguela Angola
- Almeida, M. L. C 2008. Procedimentos Metodológicos para o estudo da localidade através da geografia no segundo ciclo do Ensino Secundário. Trabalho de Licenciatura não publicado.
- Butler, R. F. 1998. Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes. Department of Geosciences University of Arizona Tucson, Electronic Edition, Arizona. Pp. 16-80
- Castanheira Diniz, A. 1991. Angola o meio físico e potencialidades agrárias. Instituto Para a Cooperação Económica ICE. Cooperação Portuguesa. Ministério dos Negócios Estrangeiros, Ministério das Finanças.
- Consult Sociedade Angolana de Estudos e Consultoria, Lda: Monografia da Província de Benguela Angola, 2007.
- Dekkers, M. J. 1997. Environmental magnetism: na introduction. Geologic in Mijnbouw. Netherlands. *Kluwer Academic Publishers* 76.
- Dias, J. M. P. 2005. Um estudo de magnetismo ambiental na cidade de Viseu – aplicação ao ensino das ciências ambientais. Tese de Mestrado. F.C.T., Universidade de Coimbra, 170 pp.
- Dongarrá, G.; Varrica, D.; Sabatino, G. 2001. Occurrence of platinum, palladium & gold in pine needles of *pinus pinea* L. from the city of Palermo (Italy). *Applied Geochemistry*.
- Gomes, C. S. R.; e Rocha, A. R. 2003. Propriedades magnéticas de folhas de árvore e níveis e poluição em Coimbra
- Gomes, C. S. R.; Rocha, A. & Rei, D. G. 2006a. Níveis de poluição por partículas com origem no tráfego rodoviário na cidade de Coimbra.
- Magiber IV, Livro de Resumos. Setembro de 2006, Vigo, Espanha.
- Gomes, C. S. R.; Neves, L. F. & REY, D. G. 2006b A influência do tráfego rodoviário na qualidade do ar em meios urbanos: um estudo na cidade de Coimbra (Portugal central). Pluris 2006, Braga, Portugal.

- Gomes, C. R.; Rocha, A. F.; Gomes, E. M. C. & Neves, L. F. 2008. Magnetic properties and size of microscopic pollutant particles in the urban area of Coimbra. *Micros. Microanal.* 14, pp. 144-145.
- Gomes, C. S. R.; 2008. Por Terras da Figueira; pp. 93-95
- Lourenço, A.; Gomes, C.; Pratas, J. & Rey, D. 2003. Parâmetros magnéticos de solos na periferia de Coimbra. *Magiber II, Livro de Comunicações, Coimbra.*
- Maher, A. Barbara; Thopson, Roy 1999. *Quaternary Climates. Environments & Magnetism.* University Press, Cambridge.
- Mendiratta, S. Kumar 1995. *Introdução ao electromagnetismo.* Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa. Pp. 278-284.
- Ministério Do Ambiente E Urbanismo, Centro de Documentação e Informação: *Lei de Bases do Ambiente 1999.*
- Mcelhinny, M. W. & Mcfadde, P. L. 1999. *Paleomagnetism. Continents & Oceans.* Academic Press, 382pp.
- Petrovsky, E. & Ellwood, B. B. 1999. Magnetic monitoring of air-, land- & water-pollutin. In: B.A Maher & R. Thompson (Eds.), *Quaternary Climates, Environments & Magnetism.* Cambridge University Press, Cambridge, pp. 279-322.
- Schmilt, L e outros (2004) – *O automóvel usos e desusos do transporte individual.* ISCTE. Lisboa – Portugal.
- Silva, A. M. E. (2004) – *A sociedade da informação e o desenvolvimento sustentável. O caso do Gaia Global enquanto plataforma para o desenvolvimento sustentável.*
- Thompson, R. & Oldfield, F. (1986) – *Environmental Magnetism.* Allen & Unwin, London, 227 pp.
- Thompson & Oldfield, 1986, Verosub & Roberts, 1995, Dekkers, 1997, Maher & Thompson, 1999.
- Urbat, M. Lehndorff; Schawark, L. 2004 – *Boimonitoring of air quality in the Clongne conurbation using pine needles as a passive sampler – Part I: magnetic properties.* Atmospheric Environment.

GLOSSÁRIO

AMBIENTE – Conjunto de sistemas físicos, químicos, biológicos e suas relações com os factores económicos, sociais e culturais com efeito directos ou indirectos, mediato ou imediato, sobre os seres vivos e a qualidade de vida dos seres humanos (Lei nº 5/98 de Junho, Lei de Bases do Ambiente e Convenções – 1999).

ATMOSFERA – Esfera gasosa que envolve a Terra.

DESERTIFICAÇÃO – É um processo de degradação do solo, natural ou provocado pela remoção da cobertura vegetal ou utilização predatória que devido a condições climáticas, acaba por transformá-lo num deserto.

EDUCAÇÃO AMBIENTAL – É o processo de formação e informação social orientado para o desenvolvimento da consciência crítica sobre a problemática ambiental, compreendendo como crítica a capacidade de captar a génese e a evolução dos problemas ambientais, tanto em relação aos seus aspectos biofísicos quanto sociais, políticos, económicos e culturais.

EFEITO DE ESTUFA – Processo natural que mantém a temperatura média global na troposfera relativamente estável no tempo, dada a presença de gases com efeito de estufa na atmosfera. Este processo permite o equilíbrio entre radiação solar incidente absorvida e radiação solar irradiada sob a forma de radiação infravermelha (calor).

GESTÃO AMBIENTAL – É o manejo e a utilização racional e sustentável dos componentes ambientais, incluindo o seu recurso, reciclagem, protecção e conservação.

MAGNETIZAÇÃO – Momento magnético de um corpo magnetizado, por unidade de volume.

MAGNETIZAÇÃO REMANESCENTE ISOTÉRMICA (MRI) – Obtém-se por exposição da atmosfera a um campo magnético de intensidade elevada e a temperatura constante (normalmente trabalha-se à temperatura ambiente). Normalmente aplicam-se na atmosfera campos de intensidade crescente e mede-se a magnetização após cada aplicação. Quando a amostra não varia o seu valor de magnetização, com o aumento da intensidade do campo aplicado diz-se que a amostra atingiu a Magnetização Remanescente Isotérmica de Saturação (MRIs).

MATÉRIA PARTICULADA – Mistura de partículas sólidas e líquidas em suspensão no ar.

ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO – é o processo integrado da organização do espaço biofísico, tendo como objectivo o uso e transformação do território de acordo com as suas capacidades, vocações, permanência dos valores de equilíbrio biológico e de estabilidade geológica, numa perspectiva de manutenção e aumento da sua capacidade de suporte à vida.

PARTÍCULA – Pequena porção de matéria, no estado sólido ou líquido.

POEIRAS – Termo geral utilizado para designar as partículas sólidas de dimensões e de proveniências diversas que podem geralmente permanecer um determinado tempo em suspensão na atmosfera.

POLUIÇÃO – É a deposição no ambiente de substâncias ou resíduos, independentemente da sua forma, bem como a emissão de luz, som e outras formas de energia, de tal modo e em quantidade tal que o afecta negativamente.

PROXY – Indicador.

QUALIDADE DO AMBIENTE – É o equilíbrio e a sanidade do ambiente, incluindo a adequabilidade dos seus componentes às necessidades do homem e de outros seres vivos.

SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA (χ) – Parâmetro magnético indicador da capacidade de magnetização. O comportamento magnético de uma amostra está condicionado pela contribuição dos minerais paramagnéticos e anti-ferrimagnéticos numa matriz dia e paramagnética. Portanto todos estes minerais influenciam a susceptibilidade em pequenos campos.

TEMPERATURA DE CURIE (T_c) – Valor de temperatura, acima do qual os minerais magnéticos perdem a magnetização remanescente uma vez que a agitação térmica sentida, impede o ordenamento dos momentos de *spin* dos electrões.

ANEXOS

Avaliação dos níveis de poluição por partículas na cidade de Benguela, Angola

Anexo 1 - Susceptibilidade Magnética das 1^{as} amostras

Amostras	K1 10 ⁵ (SI)	K2 10 ⁵ (SI)	K3 10 ⁵ (SI)	K4 10 ⁵ (SI)	Kmc 10 ⁵ (SI)	Kmc 10 ⁵ (SI)	Kmc 10 ⁵ (SI)	massa(kg)	Kmc 10 ⁵ m ³	Xmc 10 ⁵ m ³ kg-1	Xmc m ³ kg-1	Tempo
Benguela 1	0,4	0,7	0,3	-0,8	0,15	8,35	2,13E-04	8,35E-05	3,92E-01	3,92E-07	7 dias	
Benguela 2	-0,5	-0,5	-1,2	-0,2	-0,6	7,6	2,33E-04	7,60E-05	3,26E-01	3,26E-07	"	
Benguela 3	-0,1	0,3	-0,7	-0,1	-0,15	8,05	2,02E-04	8,05E-05	3,99E-01	3,99E-07	"	
Benguela 4	0,7	0,9	-0,4	0,8	0,5	8,7	1,90E-04	8,70E-05	4,57E-01	4,57E-07	"	
Benguela 5	2,2	2,5	2,3	1,4	2,1	10,3	2,54E-04	1,03E-04	4,06E-01	4,06E-07	"	
Benguela 6	-0,1	0,2	-1,8	1,1	-0,15	8,05	2,10E-04	8,05E-05	3,83E-01	3,83E-07	"	
Benguela 7	-0,3	-0,1	-1,9	0,7	-0,4	7,8	2,61E-04	7,80E-05	2,99E-01	2,99E-07	"	
Benguela 8	0,7	0,5	-1,4	0,7	0,125	8,325	1,78E-04	8,33E-05	4,67E-01	4,67E-07	"	
Benguela 9	295,1	293	323,6	307,7	304,85	313,05	2,66E-04	3,13E-03	1,18E+01	1,18E-05	15 dias	
Benguela 10	0,4	0	-1,8	0,3	-0,275	7,925	2,09E-04	7,93E-05	3,79E-01	3,79E-07	7 dias	
Benguela 11	0,7	-0,1	-2	0,9	-0,125	8,075	2,28E-04	8,08E-05	3,54E-01	3,54E-07	"	
Benguela 12	22,8	22,1	21,8	21,3	22	30,2	2,82E-04	3,02E-04	1,07E+00	1,07E-06	15 dias	
Benguela 13	1,7	1	-1,6	1,7	0,7	8,9	4,25E-04	8,90E-05	2,09E-01	2,09E-07	15 dias	
Benguela 14	0,9	-0,6	-0,6	0,6	0,075	8,275	2,38E-04	8,28E-05	3,47E-01	3,47E-07	7 dias	
Benguela 15	-0,2	-0,6	-1,2	0,5	-0,375	7,825	2,27E-04	7,83E-05	3,45E-01	3,45E-07	"	
Benguela 16	-0,2	-0,5	-0,8	0,5	-0,25	7,95	2,78E-04	7,95E-05	2,86E-01	2,86E-07	"	
Benguela 17	-0,2	-0,5	-0,6	0,3	-0,25	7,95	1,95E-04	7,95E-05	4,09E-01	4,09E-07	"	
Benguela 18	-0,5	-0,2	-0,5	0,7	-0,125	8,075	2,01E-04	8,08E-05	4,01E-01	4,01E-07	"	
Benguela 19	1,2	0,6	0	1,5	0,825	9,025	1,85E-04	9,03E-05	4,87E-01	4,87E-07	"	
Benguela 20	-0,3	-0,8	-0,8	0,4	-0,375	7,825	1,79E-04	7,83E-05	4,37E-01	4,37E-07	"	
Benguela 21	0,5	-1	-1,3	0,8	-0,25	7,95	2,42E-04	7,95E-05	3,28E-01	3,28E-07	"	
Benguela 22	-0,7	-0,2	-0,5	-0,5	-0,475	7,725	2,33E-04	7,73E-05	3,32E-01	3,32E-07	"	
Benguela 23	-0,1	-0,7	-0,9	0,6	-0,275	7,925	2,57E-04	7,93E-05	3,09E-01	3,09E-07	"	
Benguela 24	-0,9	-0,1	-0,7	0,1	-0,4	7,8	2,74E-04	7,80E-05	2,84E-01	2,84E-07	"	
Benguela 25	-0,4	-1,7	-0,4	-0,2	-0,675	7,525	2,09E-04	7,53E-05	3,60E-01	3,60E-07	"	

Anexo 1 – Susceptibilidade Magnética das 1^{as} amostras (continuação)

Benguela 26	-0,1	-1,4	0,3	0,1	-0,275	7,925	2,21E-04	7,93E-05	3,59E-01	3,59E-07	"
Benguela 27	-0,1	-0,1	-0,7	-0,1	-0,25	7,95	2,75E-04	7,95E-05	2,89E-01	2,89E-07	"
Benguela 28	-0,1	-1,2	-1	-0,1	-0,6	7,6	3,13E-04	7,60E-05	2,43E-01	2,43E-07	"
Benguela 29	-0,1	-1,1	-1,2	0,6	-0,45	7,75	2,18E-04	7,75E-05	3,56E-01	3,56E-07	"
Benguela 30	-0,5	-1	-0,4	0,3	-0,4	7,8	2,18E-04	7,80E-05	3,58E-01	3,58E-07	"
Benguela 31	-0,3	-1,1	-2,2	-0,6	-1,05	7,15	1,54E-04	7,15E-05	4,64E-01	4,64E-07	"
Benguela 32	117,1	120	118,7	119,4	118,8	127	2,48E-04	1,27E-03	5,13E+00	5,13E-06	15 dias
Benguela 33	-0,2	-0,5	0,3	0,2	-0,05	8,15	2,92E-04	8,15E-05	2,79E-01	2,79E-07	7 dias
Benguela 34	-0,5	-0,4	0,7	0,9	0,175	8,375	1,42E-04	8,38E-05	5,91E-01	5,91E-07	"
Benguela 35	-0,2	-0,5	0,6	0,3	0,05	8,25	1,42E-04	8,25E-05	5,82E-01	5,82E-07	"

Anexo 1 – Susceptibilidade Magnética das 2^{as} amostras

Amostras	K1 10 ⁶ (SI)	K2 10 ⁶ (SI)	K3 10 ⁶ (SI)	Km 10 ⁵ (SI)	Km 10 ⁵ (SI)	Massa (kg)	Kmc 10 ⁶ m ³	Xmc 10 ⁻⁶ m ³ kg ⁻¹	Xmc m ³ kg ⁻¹
Benguela 1	10,4	10,6	12,3	11,10	1,93E+01	1,10E-04	1,93E-04	1,76E+00	1,76E-06
Benguela 2	-4,1	-3,8	-3,9	-3,93	4,27E+00	2,30E-04	4,27E-05	1,86E-01	1,86E-07
Benguela 3	-4,9	-6,1	-4,7	-5,23	2,97E+00	2,86E-04	2,97E-05	1,04E-01	1,04E-07
Benguela 4	-3,9	-3,2	-3,5	-3,53	4,67E+00	2,45E-04	4,67E-05	1,91E-01	1,91E-07
Benguela 5	-5,9	-7,5	-5,4	-6,27	1,93E+00	2,15E-04	1,93E-05	8,98E-02	8,98E-08
Benguela 6	-5,4	-5	-4,5	-4,97	3,23E+00	1,42E-04	3,23E-05	2,27E-01	2,27E-07
Benguela 7	-4,4	-5,4	-5,1	-4,97	3,23E+00	2,56E-04	3,23E-05	1,26E-01	1,26E-07
Benguela 8	-7,4	-6,2	-6,6	-6,73	1,47E+00	1,96E-04	1,47E-05	7,50E-02	7,50E-08
Benguela 9	-5,3	-6,1	-5,9	-5,77	2,43E+00	1,36E-04	2,43E-05	1,79E-01	1,79E-07
Benguela 10	-6,6	-5,4	-5,8	-5,93	2,27E+00	9,17E-05	2,27E-05	2,47E-01	2,47E-07
Benguela 11	-5	-5,2	-6	-5,40	2,80E+00	1,71E-04	2,80E-05	1,64E-01	1,64E-07
Benguela 12	-5,8	-3,3	-6,1	-5,07	3,13E+00	1,89E-04	3,13E-05	1,66E-01	1,66E-07
Benguela 13	-5,2	-6,3	-5,8	-5,77	2,43E+00	2,15E-04	2,43E-05	1,13E-01	1,13E-07
Benguela 14	-0,7	-10	-0,3	-3,67	4,53E+00	2,36E-04	4,53E-05	1,92E-01	1,92E-07
Benguela 15	-4,3	-4,9	-4,2	-4,47	3,73E+00	1,97E-04	3,73E-05	1,89E-01	1,89E-07
Benguela 16	-3,2	-3	-3,3	-3,17	5,03E+00	2,00E-04	5,03E-05	2,52E-01	2,52E-07
Benguela 17	-3,3	-3,5	-3,3	-3,37	4,83E+00	1,33E-04	4,83E-05	3,63E-01	3,63E-07
Benguela 18	-5,9	-6	-5,7	-5,87	2,33E+00	1,63E-04	2,33E-05	1,44E-01	1,44E-07
Benguela 19	52,4	63,2	66,5	60,70	6,89E+01	1,61E-04	6,89E-04	4,29E+00	4,29E-06
Benguela 20	-5,5	-4,9	-5,2	-5,20	3,00E+00	2,11E-04	3,00E-05	1,43E-01	1,43E-07
Benguela 21	-3,3	-3,8	-5,3	-4,13	4,07E+00	1,74E-04	4,07E-05	2,34E-01	2,34E-07
Benguela 22	-0,8	-1,4	-0,9	-1,03	7,17E+00	2,43E-04	7,17E-05	2,95E-01	2,95E-07
Benguela 23	-5,9	-5,2	-5,4	-5,50	2,70E+00	1,48E-04	2,70E-05	1,83E-01	1,83E-07
Benguela 24	-6,2	-5,6	-5,5	-5,77	2,43E+00	2,00E-04	2,43E-05	1,22E-01	1,22E-07

Anexo 1 – Susceptibilidade Magnética das 2^{as} amostras (continuação)

Amostras	K1 10 ⁻⁶ (SI)	K2 10 ⁻⁶ (SI)	K3 10 ⁻⁶ (SI)	Km 10 ⁻⁶ (SI)	Km 10 ⁻⁶ (SI)	Massa (kg)	Kmc 10 ⁻⁶ m3	χmc 10 ⁻⁶ m3kg ⁻¹	χmc m3kg ⁻¹
Benguela 25	-4,4	-4,6	-4	-4,33	3,87E+00	1,16E-04	3,87E-05	3,34E-01	3,34E-07
Benguela 26	-5,7	-5,4	-4,2	-5,10	3,10E+00	3,07E-04	3,10E-05	1,01E-01	1,01E-07
Benguela 27	-5,6	-6	-6,4	-6,00	2,20E+00	1,45E-04	2,20E-05	1,51E-01	1,51E-07
Benguela 28	-6,4	-5,7	-6,5	-6,20	2,00E+00	2,24E-04	2,00E-05	8,94E-02	8,94E-08
Benguela 29	-5,7	4,9	-5,9	-2,23	5,97E+00	3,03E-04	5,97E-05	1,97E-01	1,97E-07
Benguela 30	-7,1	-7,3	-5,9	-6,77	1,43E+00	1,86E-04	1,43E-05	7,71E-02	7,71E-08
Benguela 31	-4,9	-5,6	-4,3	-4,93	3,27E+00	2,14E-04	3,27E-05	1,53E-01	1,53E-07
Benguela 32	-6,8	0,1	-6,3	-4,33	3,87E+00	2,09E-04	3,87E-05	1,85E-01	1,85E-07
Benguela 33	27,4	27,6	27,5	27,50	3,57E+01	1,49E-04	3,57E-04	2,39E+00	2,39E-06
Benguela 34	-5,4	5,6	5,9	2,03	1,02E+01	2,16E-04	1,02E-04	4,74E-01	4,74E-07
Benguela 35	-5,4	-6,2	-7,1	-6,23	1,97E+00	2,28E-04	1,97E-05	8,63E-02	8,63E-08
Benguela 36	-5,6	-6,2	-4,6	-5,47	2,73E+00	1,68E-04	2,73E-05	1,62E-01	1,62E-07
Benguela 37	-2,1	0,1	-1,3	-1,10	7,10E+00	1,90E-04	7,10E-05	3,74E-01	3,74E-07

Avaliação dos níveis de poluição por partículas na cidade de Benguela, Angola

Anexo 1 – Magnetização Remanescente Isotérmica das 1^{as} amostras

Amostras	MIRN	25mT	100mT	300mT	1T	(-)25mT	(-)100mT	(-)300mT	s25mT	s100T	s300t	(-)25mT	(-)100mT	(-)300mT		
Beng - 1	0,7394	2,0929	4,3118	5,2298	4,6305	0,6478	4,2712	5,3533	0,15968	0,931174	1,129424	0,139898	0,922406	1,156095	1,129424	1,156095
Beng - 2	0,15	0,7127	2,0963	2,3864	2,9219	0,2449	2,0455	2,3733	0,243917	0,717444	0,816729	0,083815	0,700058	0,812245	0,816729	0,812245
Beng - 3	0,725	1,0937	4,2172	4,9902	5,4505	0,0607	3,534	4,7789	0,20066	0,773727	0,915549	0,011137	0,648381	0,876782	0,915549	0,876782
Beng - 4	0,7842	3,722	11,5285	13,9775	14,3864	0,9547	9,777	14,6859	0,258717	0,801347	0,971577	0,066361	0,6796	1,020818	0,971577	1,020818
Beng - 5	0,5364	8,2049	19,6258	23,4032	24,8634	1,3447	17,8396	23,8614	0,329999	0,789345	0,941271	0,054084	0,717504	0,9597	0,941271	0,9597
Beng - 6	0,8174	1,104	3,5724	5,0817	5,1102	0,6296	2,6549	2,6779	0,216039	0,699072	0,994423	0,123205	0,51953	0,52403	0,994423	0,52403
Beng - 7	0,7952	0,7574	2,8986	3,5412	3,9744	0,4517	2,5301	3,5162	0,19057	0,729318	0,891002	0,113652	0,636599	0,884712	0,891002	0,884712
Beng - 8	0,6893	2,7478	10,3289	13,2161	13,1763	1,7707	9,2989	12,9627	0,208541	0,7839	1,003021	0,134385	0,705729	0,983789	1,003021	0,983789
Beng - 9	71,2416	5610,817	7702,185	7829,024	7929,555	4749,026	7808,536	8049,135	0,707583	0,971326	0,987322	0,598902	0,984738	1,01508	0,987322	1,01508
Beng - 10	0,8742	2,6086	5,3842	6,2485	6,4646	0,927	4,8407	6,1215	0,403521	0,832874	0,966572	0,143396	0,748801	0,946926	0,966572	0,946926
Beng - 11	0,7019	1,5125	7,0372	9,1094	9,9279	0,4917	6,3222	8,8631	0,152348	0,708831	0,917556	0,049527	0,636811	0,892747	0,917556	0,892747
Beng - 12	4,3954			1020,003	1035,421			1013,985			0,98511			0,979297	0,98511	0,979297
Beng - 13	0,7078			14,713	15,4787			14,8959			0,950532			0,962348	0,950532	0,962348
Beng - 14	0,7119			5,7442	6,4846			5,6937			0,885822			0,878034	0,885822	0,878034
Beng - 15	0,8263	0,7759	2,2562	2,9118	3,2471	0,4128	1,8942	3,0701	0,238952	0,694835	0,896739	0,127129	0,583351	0,94549	0,896739	0,94549
Beng - 16	0,751	1,4264	6,0321	7,632	7,8074	0,7523	5,2754	7,6414	0,182698	0,772613	0,977534	0,096357	0,675692	0,978738	0,977534	0,978738
Beng - 17	0,704	1,7691	4,5967	6,2355	7,0198	1,4639	2,7142	5,4791	0,252016	0,654819	0,888273	0,208539	0,386649	0,780521	0,888273	0,780521

Anexo 1 – Magnetização Remanescente Isotérmica das 1^{as} amostras (continuação)

Amostras	MIRN	25mT	100mT	300mT	1T	(-)25mT	(-)100mT	(-)300mT	s25mT	s100T	s300t	(-)25mT	(-)100mT	(-)300mT		
Beng - 18	0,7673	1,4019	4,8656	6,1571	6,6635	0,506	3,8947	5,9148	0,210385	0,730187	0,924004	0,075936	0,584483	0,887642	0,924004	0,887642
Beng - 19	0,65			4,2416	4,6928			3,3445			0,903853			0,712688	0,903853	0,712688
Beng - 20	0,05339	0,5456	1,1961	1,47	1,8091	0,0807	1,0864	1,4493	0,301586	0,661157	0,812559	0,044608	0,60052	0,801117	0,812559	0,801117
Beng - 21	0,5557	0,3907	1,5278	1,6628	2,0029	0,398	0,9441	1,6821	0,195067	0,762794	0,830196	0,198712	0,471367	0,839832	0,830196	0,839832
Beng - 22	0,644	0,546	2,9541	4,7094	5,5178	1,3013	0,8177	4,0012	0,098952	0,535376	0,853492	0,235837	0,148193	0,725144	0,853492	0,725144
Beng - 23	1,0302	1,6287	3,5442	4,2636	4,3729	1,689	3,0548	4,2577	0,372453	0,810492	0,975005	0,386243	0,698575	0,973656	0,975005	0,973656
Beng - 24	1,7071			2,1915	2,4488			2,3354			0,894928			0,953692	0,894928	0,953692
Beng - 25	1,0029			1,7965	2,0551			2,3631			0,874167			1,149871	0,874167	1,149871
Beng - 26	0,8836			1,7489	1,6019			2,21			1,091766			1,379612	1,091766	1,379612
Beng - 27	1,2051			1,8269	1,9262			2,2953			0,948448			1,191621	0,948448	1,191621
Beng - 28	1,0658			1,7465	2,1561			2,3094			0,810027			1,071101	0,810027	1,071101
Beng - 29	1,0206			3,1307	3,4018			2,9375			0,920307			0,863513	0,920307	0,863513

Anexo 1 – Magnetização Remanescente Isotérmica das 1^{as} amostras (continuação)

Amostras	MRN	25mT	100mT	300mT	1T	(-)25mT	(-)100mT	(-)300mT	s25mT	s100T	s300t	(-)25mT	(-)100mT	(-)300mT		
Beng - 30	1,1055			1,5641	1,4769			1,8593			1,059043			1,258921	1,059043	1,258921
Beng - 31	1,0613			1,7894	1,6093			2,0914			1,111912			1,299571	1,111912	1,299571
Beng - 33	0,9091			4,5861	4,6402			4,0954			0,988341			0,882591	0,988341	0,882591
Beng - 34	1,0792			7,3225	7,4125			7,749			0,987858			1,045396	0,987858	1,045396
Beng - 35	1,0067			4,778	4,8451			5,0538			0,986151			1,043074	0,986151	1,043074

