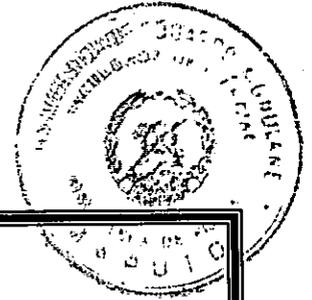


FIS 55

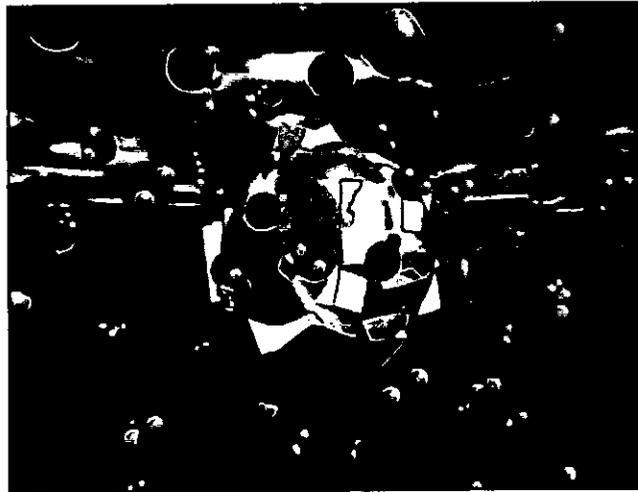


UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE



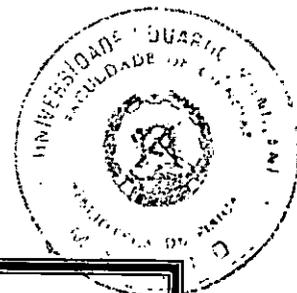
**FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**TRABALHO DE LICENCIATURA
TEMA: CARACTERIZAÇÃO DOS AEROSSÓIS URBANOS
NA CIDADE DE MAPUTO**



AUTOR:
Anacleto João Chibochuane Duvane

Maputo, Junho de 2005



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE



**FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

TRABALHO DE LICENCIATURA

**TEMA: CARACTERIZAÇÃO DOS AEROSSÓIS URBANOS
NA CIDADE DE MAPUTO**

SUPERVISORES:

Prof. Dr. Rogério José Uthui
Dr. Julião João Cumbane

Maputo, Junho de 2005

Dedicatória

Este trabalho vai à todos aqueles que contribuíram moral e materialmente para que o mesmo se tornasse uma realidade, mas muito em especial àqueles que devo tanto amor e carinho por toda a eternidade:

Meus pais, João Chibochuane Duvane e Margarida Matsinhe

Meu irmão, Ívano João Duvane (em memória)

Minha namorada, Carla Lúcia

Agradecimentos

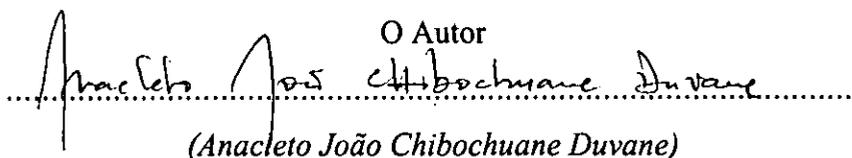
Duma maneira geral agradeço a todos aqueles que directa ou indirectamente acreditaram no fim deste longo percurso, prestando o apoio pelo qual sempre clamei. Não podendo enumerar a todos, vai uma particular gratidão:

- Aos meus supervisores, **Prof. Dr. Rogério José Uthui e Dr. Julião João Cumbane**, pelo acompanhamento, para que este trabalho passasse de projecto adormecido à realidade e, por todo o apoio moral e material, principalmente quando eu não acreditava em mim mesmo;
- Ao **dr. Filipe Lúcio**, Director do INAM, que me acolheu no momento de grande desespero, por falta de meios para prosseguir com o curso e pela paciência que teve de esperar por este momento;
- Ao **dr. António Queface**, que esteve sempre disposto a dar todo o apoio no sentido de levar avante este trabalho;
- Ao **colectivo de docentes** do Departamento de Física, ao **peçoal do CTA**, que durante este tempo deram todo o apoio e carinho para que este dia chegasse;
- Aos meus colegas e amigos: **Buque, Cháile, Sawanguane, Brito, Rego, Hipólito, Zucule, Buchir, Jamal, Paulo, Esteira e Mula** que nunca se esqueceram de dar aquela força nos momentos de desespero ao longo da caminhada;
- Aos meus pais, **João Ch. Duvane e Margarida Matsinhe**, por tudo o que têm feito para a minha vida e minha educação;
- Aos meus irmãos: **Lígia, Artimiza, Natércia, Argentina, Edgar, Fidélia, Célia e Iracema**, que aceitaram que maior atenção fosse dedicada a mim, em prejuízo do resto da família;
- Ao **sr. Mahomed Mehtur** proprietário do Parque de Estacionamento do Xipamanine, pela disponibilização do espaço para a montagem dos aparelhos;
- Ao **peçoal do concelho Municipal** da cidade de Maputo, por ter facilitado a instalação do equipamento naquele edifício;
- A todos os que aqui não foram mencionados, mas que directa ou indirectamente contribuíram para que este momento passasse à realidade, devo minha maior gratidão.

(iii)

Declaração de honra

Declaro por minha honra que este trabalho é da minha autoria, fruto da minha própria investigação, e que o mesmo não foi submetido em nenhuma outra universidade para qualquer grau que não seja o de Licenciatura em Física e Meteorologia, pela Faculdade de Ciências da Universidade Eduardo Mondlane.

O Autor

(Anacleto João Chibochuane Duvane)

Resumo

O controle de substâncias emitidas para o ambiente a partir de diferentes processos que ocorrem na natureza, tanto naturais como antrópicos, tem vindo a merecer maior destaque à escala global, pois os estudos que têm sido levados a cabo revelam que o Homem, apesar de precisar do ambiente para a sua sobrevivência, é o principal inimigo do mesmo. As actividades que ele realiza contribuem significativamente para a degradação do ambiente e a consequente degradação das condições de vida.

É neste contexto que foi levado a cabo o presente trabalho, com o intuito de tentar quantificar o que se emite na atmosfera urbana de Maputo, no tocante às partículas microscópicas (*Aerossóis*).

Para o presente trabalho, foram empregues dois amostradores de pequeno volume para a recolha de amostras de aerossóis na atmosfera. Depois de recolhidas as amostras, realizou-se a análise das mesmas. A análise consistiu na determinação da massa e da concentração dos aerossóis nas amostras, tendo se chegado à conclusão de que, comparativamente a grandes centros urbanos, a cidade de Maputo tem níveis baixos de poluição atmosférica, pese embora o facto de existirem alguns pontos da cidade onde, em certos dias, os valores superam os padrões internacionais de qualidade do ar; tais são os casos da zona da lixeira de Hulene e do Câmpus Universitário.

ÍNDICE GERAL

I- INTRODUÇÃO.....	1
I.1- ASPECTOS GERAIS.....	1
I.2- ÁREA DE ESTUDO.....	2
I.3- OBJECTIVOS.....	2
II- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
II.1- POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA.....	3
II.2- CLASSIFICAÇÃO DOS POLUENTES.....	3
II.2.1- CLASSIFICAÇÃO DOS POLUENTES DE ACORDO COM O ESTADO FÍSICO.....	3
II.2.2- CLASSIFICAÇÃO DOS POLUENTES DE ACORDO COM A ORIGEM.....	3
II.2.3- CLASSIFICAÇÃO DOS POLUENTES DE ACORDO COM A CLASSE QUÍMICA.....	4
II.3- FONTES DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA.....	4
II.3.1- FONTES NATURAIS.....	4
II.3.2- FONTES ANTRÓPICAS.....	5
II.4- EFEITOS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA.....	6
II.4.1- EFEITOS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA SOBRE A SAÚDE HUMANA.....	6
II.4.2- EFEITOS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NA VEGETAÇÃO.....	7
II.4.3- EFEITOS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA SOBRE A FAUNA.....	7
II.4.4- EFEITOS DA POLUIÇÃO SOBRE OS MATERIAIS.....	7
II.4.5- EFEITOS DA POLUIÇÃO SOBRE O TEMPO E O CLIMA.....	8
II.5- DISPERSÃO DOS POLUENTES.....	9
II.5.1- VENTOS.....	10
II.5.2- TURBULÊNCIA.....	10
II.5.3- INVERSÃO TÉRMICA.....	10
II.5.4- ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA.....	11
II.5.5- ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS.....	11
II.5.6- CIRCULAÇÃO GERAL DA ATMOSFERA.....	12
II.6- AEROSSÓIS.....	12
II.6.1- ASPECTOS GERAIS SOBRE OS AEROSSÓIS.....	12
II.6.2- DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO DOS AEROSSÓIS.....	13
II.6.2.1- PARTÍCULAS FINAS.....	13

II.6.2.2- PARTÍCULAS GROSSAS.....	13
II.6.2.3- PARTÍCULAS INALÁVEIS.....	13
II.6.3- COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS AEROSSÓIS.....	14
II.6.4- CARACTERÍSTICA ÓPTICA DOS AEROSSÓIS.....	14
II.6.5- PROCESSOS DE REMOÇÃO DOS AEROSSÓIS.....	15
III- METODOLOGIA.....	16
III.1- COLECTA DE DADOS.....	16
III.1.1- ESTRATÉGIA DE AMOSTRAGEM.....	16
III.1.2- INSTRUMENTAÇÃO.....	17
III.1.3- DESCRIÇÃO DO APARELHO.....	17
III.2- ANÁLISE DE DADOS.....	19
III.2.1- ANÁLISE GRAVIMÉTRICA.....	19
IV- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
IV.1- RESULTADOS.....	21
IV.1.1- XIPAMANINE.....	21
IV.1.2- BAIXA DA CIDADE.....	23
IV.1.3- CÂMPUS UNIVERSITÁRIO.....	26
IV.1.4- HULENE.....	29
IV.2- DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	32
V- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	35
V.1- CONCLUSÕES.....	35
V.2- DIFICULDADES.....	36
V.3- RECOMENDAÇÕES.....	36
VI- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

Lista de Figuras

Fig.1: Emissão de poluentes a partir da ressuspensão de poeiras.....	5
Fig.2: Emissão de poluentes durante uma erupção vulcânica.....	5
Fig.3: Emissão de poluentes a partir de queimadas florestais.....	5
Fig.4: Emissão de poluentes a partir de actividades industriais.....	5
Fig.5: Fotografia de nuvens com baixa concentração de aerossóis.....	8
Fig.6: Fotografia de nuvens com alta concentração de aerossóis.....	8
Fig.7: Fotografia de um “minivol portable sampler”.....	17
Fig.8: Fotografia de um “minivol portable sampler” no campo.....	18
Fig.9: Fotografia de separadores de PM2.5.....	19
Fig.10: Fotografia de separadores de PM10.....	19
Fig.11: Comparação da concentração das partículas no Xipamanine.....	23
Fig.12: Comparação das concentrações das partículas na baixa da cidade.....	26
Fig.13: Comparação das concentrações das partículas no câmpus universitário.....	29
Fig.14: Comparação das concentrações das partículas no Hulene.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Concentrações de partículas recolhidas durante a noite no Xipamanine.....	21
Tabela 2- Concentrações das partículas recolhidas durante o dia no Xipamanine.....	22
Tabela 3- Concentrações das partículas recolhidas durante a noite na Baixa da Cidade.....	24
Tabela 4- Concentração das partículas recolhidas durante o dia na Baixa da Cidade.....	25
Tabela 5- Concentração das partículas recolhidas durante a noite no Câmpus Universitário.....	27
Tabela 6- Concentração das partículas recolhidas durante o dia no Câmpus Universitário.....	28
Tabela 7- Concentração das partículas recolhidas durante a noite no Hulene.....	30
Tabela 8- Concentração das partículas recolhidas durante o dia no Hulene.....	30

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS

INE	Instituto Nacional de Estatística
PM _{2.5}	Partículas com diâmetro inferior a 2.5 micrómetros
PM ₁₀	Partículas com diâmetro superior a 2.5 e inferior a 10 micrómetros
°	Graus
,	Minutos
DC	Corrente Contínua
AC	Corrente Alternada
TSP	Partículas Totais Suspensas
M _{PM}	Massa das Partículas
M _i	Massa do filtro antes da exposição
M _f	Massa do filtro depois da exposição
V	Volume do ar que passa através do filtro
Q	Fluxo do ar
[PM]	Concentração das partículas
DF	Departamento de Física
PEX	Parque de Estacionamento de Xipamanine
CMCM	Conselho Municipal da Cidade de Maputo
LIX	Lixeira de Hulene
ID	Identificação
ff	Velocidade média diária do vento
dd	Direção predominante diária do vento
Neb	Nebulosidade diária total

I. INTRODUÇÃO

I.1. Aspectos gerais

A utilização racional dos recursos naturais e a preservação do meio ambiente constituem um assunto de particular destaque no contexto actual do desenvolvimento da humanidade pois, no seu quotidiano, o Homem desenvolve actividades tais como remoção da vegetação, pavimentação da superfície, construção de edifícios, estradas, sistemas de drenagem, indústrias, transportes, etc. Estas actividades são, geralmente, acompanhadas de libertação de substâncias estranhas ao ambiente, pondo em causa a vida dos seres nele existentes.

A introdução na atmosfera de qualquer matéria ou energia que possa alterar as suas propriedades, podendo afectar por isso a saúde das espécies animais ou vegetais que dela dependem, chama-se poluição atmosférica. Neste trabalho, discute-se a poluição causada pela emissão de partículas microscópicas (*aerossóis*) para a atmosfera por fontes diversas.

A poluição atmosférica devida à emissão de partículas microscópicas constitui um grande problema pois ela pode afectar o clima, a vegetação e infra-estruturas de uma dada região (Munn e Rodhe, 1985) e conseqüentemente a saúde humana. Na saúde, os aerossóis podem provocar problemas respiratórios, irritações da pele e da vista, infecções nos órgãos internos (Munn e Rodhe, 1985). Para o estado do tempo, os aerossóis são responsáveis pela formação da neblina, coloração do nascer e o pôr-do-sol e pela formação dos núcleos de condensação. No clima, os aerossóis são responsáveis pela reflexão, absorção e dispersão da luz solar na atmosfera, podendo aumentar ou diminuir o aquecimento, contribuindo para as mudanças climáticas. As mudanças climáticas têm efeitos directos e indirectos na saúde, assim como efeitos sociais de curto e longo termos (Bryant, 1997).

Por isso, o conhecimento dos níveis de contaminação do ar por aerossóis, bem como as suas fontes numa dada região, é importante porque pode ajudar na mitigação de fenómenos associados com a sua emissão e acumulação na atmosfera. No presente trabalho, reportam-se os níveis de poluição atmosférica na cidade de Maputo devida à aerossóis.

I.2. Área de estudo

O estudo foi realizado na cidade de Maputo. Esta localiza-se na costa Este da África Austral, junto à baía do mesmo nome, na latitude de 25°56', longitude de 32°35' e altitude média de 72 metros, com uma população de cerca de um milhão de habitantes, distribuídos por uma área de 316 km², que têm como principais actividades os serviços, comércio/vendas, construção, indústria e transportes, e com um parque automóvel de cerca de trinta mil veículos (INE, 2001).

I.3. Objectivos

O objectivo central do presente trabalho é fazer uma avaliação preliminar da qualidade do ar urbano na cidade de Maputo, por via da medição da concentração de aerossóis na atmosfera sobre esta cidade. Subjacentes a este objectivo central estão os seguintes objectivos específicos:

- (i) identificar os focos de emissão de aerossóis na cidade de Maputo;
- (ii) determinar as concentrações de aerossóis em diferentes partes da cidade, ao longo do dia; e
- (iii) combinar as concentrações de aerossóis observados na cidade com factores meteorológicos para estimar o potencial de poluição do ar urbano em Maputo-cidade.

II. Revisão bibliográfica

II.1. Poluição atmosférica

O conceito de poluição atmosférica inclui uma gama de actividades, fenómenos e substâncias que contribuem para a deterioração da qualidade natural da atmosfera. Os poluentes atmosféricos são considerados como as substâncias que geram esse efeito negativo ao meio ambiente.

Assunção, citado por De Almeida (1999), aborda a poluição atmosférica como um fenómeno decorrente principalmente da actividade humana em vários aspectos, dentre os quais destacam-se o rápido crescimento populacional, industrial e económico; a concentração populacional e industrial; os hábitos da população e o grau de controlo, ou seja, as medidas adoptadas para o controlo da poluição atmosférica.

A poluição atmosférica consiste de gases e partículas microscópicas líquidas ou sólidas presentes na atmosfera em níveis elevados o suficiente para causar danos ao ser humano, animais, plantas e materiais. Os poluentes do ar mais comuns são dióxido de enxofre, óxidos de nitrogénio, ozono e outros gases oxidantes, monóxido de carbono e partículas microscópicas suspensas no ar, chamadas *aerossóis*.

II.2. Classificação dos poluentes

Os poluentes atmosféricos são classificados de várias maneiras, podendo ser de acordo com o seu estado físico, da sua origem, da sua classe química, dos seus efeitos na saúde, etc.

II.2.1. Classificação dos poluentes de acordo com o estado físico

Os agentes poluentes atmosféricos, segundo o seu estado físico, podem ser classificados em partículas gases e vapores. Destes grupos destacam-se: poeiras, fumos, neblina, fumaça, nevoeiro, névoa fotoquímica e aerossóis (V. Anexo C).

II.2.2. Classificação dos poluentes de acordo com a origem

Os poluentes atmosféricos podem ser classificados de acordo com a sua origem em primários e secundários.

Poluentes primários são aqueles emitidos directamente na atmosfera. Incluem o material particulado, o dióxido de enxofre, o monóxido de carbono, os óxidos de nitrogénio e hidrocarbonetos.

Poluentes secundários são aqueles produzidos através de reacções químicas entre poluentes primários e componentes atmosféricos normais. São exemplos destes poluentes, o ozono e o trióxido de enxofre por ambos terem sido formados por reacções químicas que tiveram lugar na atmosfera.

II.2.3. Classificação dos poluentes de acordo com a classe química

Segundo a classe química, os poluentes podem ser classificados em poluentes orgânicos, aqueles que são de origem animal ou vegetal e que têm o carbono como seu componente (os aldeídos, os ácidos orgânicos, os nitratos, e as partículas orgânicas alcalinas ácidas) e poluentes inorgânicos, que são compostos de matéria morta, isto é, não têm origem animal nem vegetal (monóxido de carbono, dióxido de carbono, cloro, dióxido de enxofre, óxidos de nitrogénio, poeira mineral, névoas).

II.3. Fontes da poluição atmosférica

Entende-se por fonte de poluição atmosférica, qualquer processo natural ou antrópico que possa libertar ou emitir matéria ou energia para a atmosfera, tornando-a contaminada ou poluída.

Nos centros urbanos, a maior fonte de emissão de poluentes atmosféricos são os veículos, porque emitem o monóxido e o dióxido de carbono, o óxido de nitrogénio, o dióxido de enxofre, derivados de hidrocarbonetos e chumbo, sendo responsáveis por 40% da poluição do ar (De Cequeira, 1999).

As fontes da poluição atmosférica podem ser naturais ou antrópicas.

II.3.1. Fontes naturais

São todas aquelas fontes que emitem poluentes para a atmosfera sem que haja acção do homem. Estas fontes incluem as emissões de partículas e gases provocadas por erupções vulcânicas, a ressuspensão de poeira dos solos com pouca ou mesmo sem vegetação pelos ventos, a decomposição de vegetais e animais, a formação de ozono devido a descargas eléctricas na

atmosfera, os incêndios naturais em florestas, sais libertados pelas ondas do mar, os gases emitidos durante a digestão dos animais e os pólenes de plantas (Figs.1 e 2).



Fig.1- Emissão de poluentes a partir da ressuspensão de poeiras de locais com pouca vegetação. [Fonte: <http://www.abc.net.au/northcoast/stories/51059912.htm>]

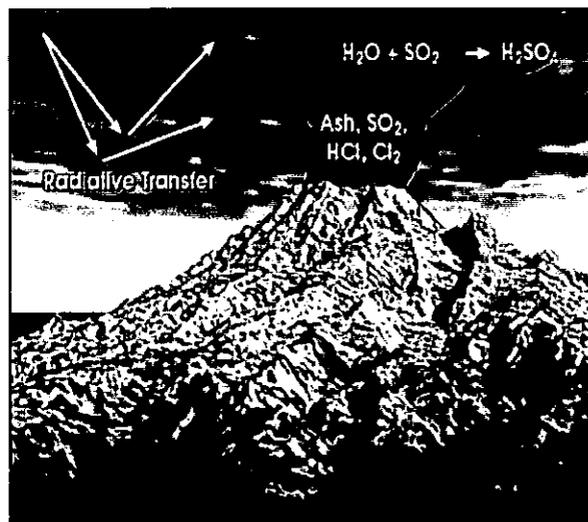


Fig.2- Emissão de poluentes a partir de uma erupção vulcânica. [Fonte: <http://earthobservatory.nasa.gov/library/Aerosols/aerosol2.html>]

II.3.2. Fontes antrópicas

São todas aquelas fontes que emitem poluentes para a atmosfera como resultado da actividade humana. Estas fontes relacionam-se geralmente com a queima da biomassa e incluem os diversos processos e operações industriais; a queima de combustível para fins de transporte; queimadas na agricultura; incineração de lixo; poeiras fugitivas; produtos voláteis; equipamentos de refrigeração e ar condicionado , “sprays” e os produtos químicos agrícolas (Figs. 3 e 4).

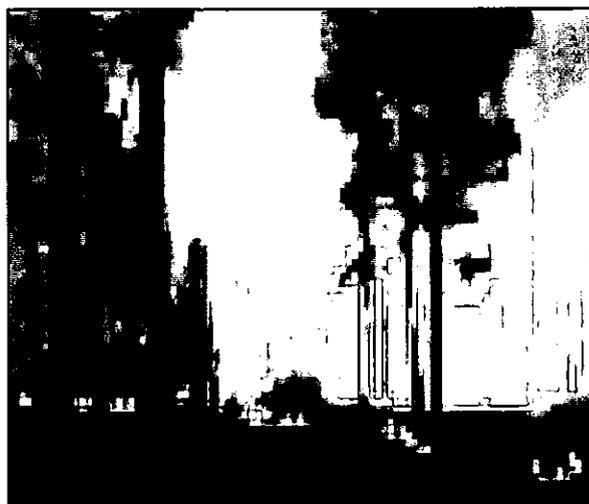


Fig.3- Emissão de poluentes a partir de queimadas florestais. [Fonte: www.alunos.utad.pt/.../incendios_intro.htm]

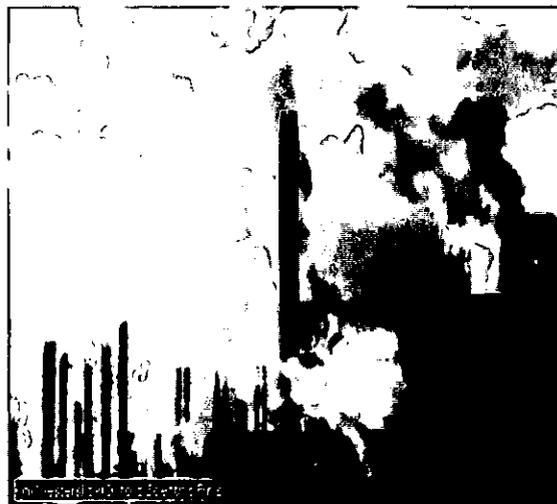


Fig.4- Emissão de poluentes a partir de actividades industriais. [Fonte: <http://ptsoft.net/vastro/referencia/estufa/poluentes/poluentes.html#meteo>]

II.4. Efeitos da poluição atmosférica

A poluição atmosférica está directamente relacionada com o surgimento de efeitos prejudiciais ao meio ambiente, incluindo paisagens naturais, vegetação, animais, solo, água, estruturas naturais e artificiais, como também sobre a saúde humana (De Almeida 1999).

Os efeitos da poluição atmosférica caracterizam-se tanto pela alteração de condições consideradas normais como pelo aumento de problemas preexistentes. Esses efeitos podem ser tanto globais como podem ocorrer aos níveis local e regional.

Os efeitos da poluição atmosférica na escala global são caracterizados pela alteração da acidez das águas da chuva (chuva ácida), pelo aumento da temperatura do planeta (efeito de estufa) e pela modificação da intensidade da radiação solar, ou seja, aumento da radiação ultravioleta, causado pela depleção da camada de ozono.

De modo geral os efeitos da poluição atmosférica manifestam-se na saúde humana, na vegetação, na fauna e sobre os materiais.

II.4.1. Efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde humana

Poluentes atmosféricos podem afectar a saúde humana de diversas formas. Os efeitos vão desde o desconforto até a morte. Alguns desses efeitos incluem irritação dos olhos e das vias

respiratórias; redução da capacidade pulmonar, aumento da susceptibilidade a infecções virais e doenças cardiovasculares; redução da performance física; dores de cabeça; alterações motoras e enzimáticas; agravamento de doenças crónicas do aparelho respiratório tais como, asma, bronquite, enfisema e pneumoconioses; danos ao sistema nervoso central; alterações genéticas; nascimento de crianças defeituosas e câncer (Munn e Rodhe, 1985; Bryant, 1997).

II.4.2. Efeitos da poluição atmosférica na vegetação

Os efeitos sobre a vegetação incluem desde a necrose do tecido das folhas, caule e frutos; a redução e/ou supressão da taxa de crescimento; o aumento da susceptibilidade a doenças, pestes e clima adverso até a interrupção total do processo reprodutivo da planta.

Os danos podem ocorrer de forma aguda ou crónica e são provocados pela redução da penetração da luz, com conseqüente redução da capacidade fotossintetizadora, geralmente por deposição de partículas nas folhas; mediante penetração de poluentes através das raízes após deposição de partículas ou dissolução de gases no solo; pela penetração dos poluentes através dos estômatos, que são pequenos pôros na superfície das plantas (De Almeida, 1999).

II.4.3. Efeitos da poluição atmosférica sobre a fauna

Quanto à vida animal, os efeitos dos poluentes atmosféricos incluem o enfraquecimento do sistema respiratório, danos aos olhos, dentes e ossos, aumento da susceptibilidade a doenças, pestes e outros riscos ambientais relacionados ao “stress”, a diminuição das fontes de alimento e a redução da capacidade de reprodução.

II.4.4. Efeitos da poluição atmosférica sobre os materiais

O primeiro efeito visível da poluição atmosférica sobre os materiais é a deposição de partículas, principalmente poeira e fumaça, nos edifícios e monumentos. Os efeitos dessa deposição sobre estas estruturas incluem basicamente descoloração, erosão, corrosão, enfraquecimento e decomposição de materiais de construção. A presença de SO₂ e dos NO_x na atmosfera, provoca a corrosão dos metais, danifica as pinturas, participa na acidificação das águas da chuva (Munn e Rodhe, 1985).

II.4.5. Efeitos da poluição atmosférica sobre o tempo e o clima

A poluição atmosférica aumenta a atenuação da radiação de ondas curtas, mas é também responsável pela elevada re-emissão da radiação de ondas longas travada. Além disso, a poluição contribui para o aumento dos núcleos de condensação na atmosfera, necessários para a formação de nuvens e podem assim contribuir para o aumento da precipitação (Preston-White, 1988).

Os aerossóis reagem directa e indirectamente com a radiação terrestre e o clima. Como efeito directo, os aerossóis dispersam a luz solar de volta ao espaço (NASA Facts, 1996). Indirectamente influenciam a formação de nuvens onde actuam como núcleos de condensação de nuvens (Wallace e Hobbs, 1997).

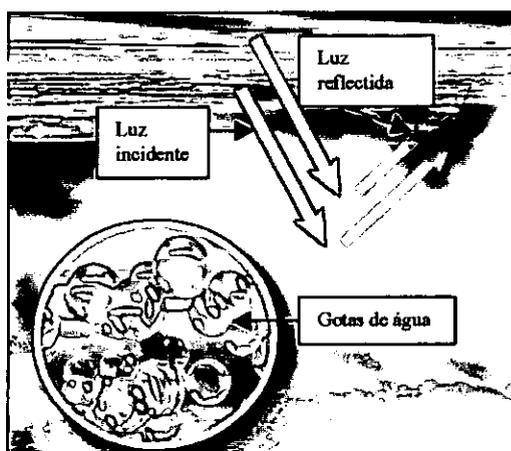


Fig.5- Nuvens com baixa concentração de aerossóis e gotas um pouco largas não dispersam bem a luz, e permitem que grande quantidade de luz passe, atingindo a superfície.

<http://earthobservatory.nasa.gov/library/Aeros>

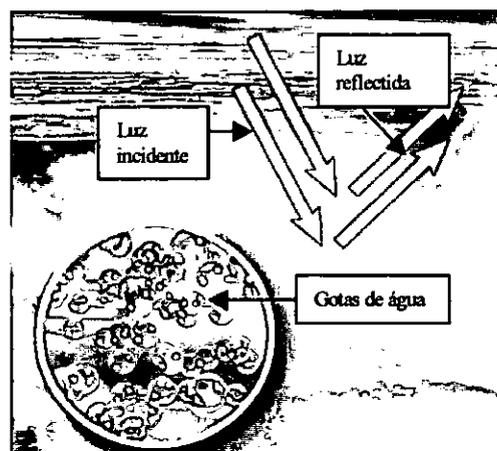


Fig.6- A alta concentração dos aerossóis nestas nuvens cria pontos de nucleação necessários para a formação de gotículas de água líquida. Acima de 90% da radiação visível é reflectida de volta pelas nuvens, sem atingir a superfície terrestre.

<http://earthobservatory.nasa.gov/library/Aerosols/Aerosol.html>

Aerossóis de sulfato com diâmetro de $0.1\mu\text{m}$ são quase transparentes para a luz visível. Mas partículas da mesma composição química são higroscópicas e assim crescem para $0.5\mu\text{m}$ de diâmetro, tornando-se eficientes no processo de dispersão da luz. Estes Aerossóis são os maiores componentes da neblina castanha vista em muitas cidades (John Campbell, 1995).

As partículas de poeira, fumo e cristais de gelo, são maiores que moléculas do ar e tendem a dispersar todos os comprimentos de onda da luz visível, tornando o céu branco, sinal da contaminação da atmosfera pelas poeiras de regiões áridas ou pelos poluentes provenientes das cidades (Bryant, 1997).

A poeira na atmosfera tanto reflecte como absorve a radiação solar incidente. A reflexão aumenta o albedo planetário, enquanto que a absorção aquece a atmosfera superior. Ambos os processos, reduzem a quantidade da radiação solar incidente na baixa atmosfera, contribuindo para o arrefecimento do ar próximo da superfície. Este ar arrefecido tende a afundar a estabilidade atmosférica e minimiza os processos convectivos que formam nuvens que provocam chuva (Bryant, 1997).

Os sulfatos aumentam a formação de nuvens porque são higroscópicos e providenciam os núcleos de condensação da água. O aumento dos núcleos de condensação aumenta a competição da água na atmosfera, acompanhada pela diminuição do tamanho das partículas de nuvens, diminuindo deste modo a quantidade da precipitação (Bryant, 1997).

II.5. Dispersão dos poluentes

A velocidade e direcção dos ventos, a turbulência e a estabilidade atmosférica são fenómenos meteorológicos importantes para a dispersão dos poluentes atmosféricos numa escala local.

Os poluentes lançados na atmosfera sofrem o efeito de processos complexos sujeitos a vários factores que determinam a concentração dos poluentes no tempo e no espaço. Assim, a mesma emissão, sob as mesmas condições de lançamento no ar, pode produzir concentrações diferentes num mesmo local dependendo das condições meteorológicas presentes e da topografia da zona (Ahrens, 1994).

Em estudos desenvolvidos pela Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico (CETESB), relacionados ao programa de monitoramento da qualidade do ar, são abordados parâmetros meteorológicos como dispersão, sistemas frontais, índices pluviométricos, inversões térmicas, direcções e velocidades dos ventos (CETESB citada por De Almeida, 1999).

A seguir estão alistados os principais parâmetros meteorológicos que influenciam a dispersão dos poluentes atmosféricos em escala local.

- Ventos (velocidade e direcção)
- Turbulência (movimento do ar)
- Inversão térmica (perfil vertical da temperatura)
- Estabilidade atmosférica (intensidade da radiação solar)

- Índices pluviométricos (regime de chuvas)

II.5.1. Ventos

A dispersão de poluentes ocorre preferencialmente na direcção dos ventos. A velocidade do vento desempenha um papel importante na diluição dos poluentes. Quando várias quantidades de poluentes são espalhados na atmosfera, a velocidade do vento determina o quão rápido os poluentes se misturam com o ar vizinho, dispersando-se da sua fonte (Ahrens, 1994). Ventos fortes tendem a baixar a concentração dos poluentes, espalhando-os na sua direcção. Além disso, quanto mais forte é o vento, mais turbulento é o ar. A turbulência do ar provoca redemoinhos de vento que diluem os poluentes, misturando-os com o ar limpo circundante. Portanto, quando o vento acalma, os poluentes não são prontamente dispersos, e tendem a ser mais concentrados. (Ahrens, 1994)

II.5.2. Turbulência

Fluxos de ar constantes na atmosfera estão sujeitos a movimentos irregulares tridimensionais, denominados turbulências. A turbulência é constituída por dois processos específicos: turbulência térmica e turbulência mecânica.

A turbulência da atmosfera exerce um papel importante no transporte e difusão e consequente dispersão da poluição atmosférica. De modo geral, a turbulência da atmosfera é determinada pela velocidade dos ventos e pelo perfil vertical de temperatura.

A movimentação na direcção vertical pode ser atribuída à turbulência térmica, resultante de parcelas de ar aquecido que ascendem da superfície terrestre, sendo substituídas pelo ar mais frio em sentido descendente. A movimentação dos poluentes na direcção horizontal é determinada pela turbulência mecânica, provocada pelo vento na sua instabilidade direccional e de velocidade, associada às características topográficas da região.

II.5.3. Inversão térmica

Geralmente a temperatura da atmosfera diminui com a altura, mas há ocasiões em que as condições das camadas baixas da atmosfera são tais que em lugar de diminuir, a temperatura

aumenta com a altura, antes de começar a diminuir segundo um gradiente vertical. A este fenómeno chama-se inversão térmica, (Strahler, 1984; Ahrens, 1994).

Os movimentos verticais de massas de ar dependem, fundamentalmente, do perfil vertical de temperatura, ou seja, da variação da temperatura do ar com a altitude. A inversão representa uma atmosfera extremamente estável, onde o ar quente encontra-se acima do ar frio, dificultando a dispersão dos poluentes (Ahrens, 1994).

II.5.4. Estabilidade atmosférica

Quando a temperatura do ar diminui lentamente, ou aumenta com a altura (quando ocorre inversão), a atmosfera é estável e quando a temperatura diminui rapidamente com a altura, a atmosfera é instável. A estabilidade atmosférica ocorre em condições de ventos fracos e na ausência de nuvens e fortemente resiste a movimentos verticais para cima enquanto que a instabilidade ocorre sob alta radiação solar e ventos de baixa velocidade e esta favorece as correntes verticais de ar. Um tipo de atmosfera muito estável existe usualmente durante a noite e as primeiras horas da manhã (Ahrens, 1994).

II.5.5. Índices pluviométricos

As chuvas influenciam na qualidade do ar de maneira acentuada, sendo um importante agente de limpeza da atmosfera, principalmente em relação às partículas presentes na atmosfera, e aos gases solúveis ou reactivos com a água (Munn e Rodhe, 1985).

Apesar de não tratar-se de um parâmetro meteorológico, vale ressaltar que a topografia da região exerce um papel importante no comportamento dos poluentes na atmosfera. Fundos de vales são locais propícios para o aprisionamento dos poluentes, principalmente quando ocorrem inversões térmicas, que impedem o movimento vertical, transformando esses locais em verdadeiras câmaras de concentração de poluentes e de reacções químicas que geram fumos fotoquímicos (smog). Além disso, em situações de ventos fracos a moderados, durante a noite o ar frio desce pela encosta e, durante o dia, o ar quente sobe do lado da encosta que recebe directamente os raios solares e desce do lado da sombra, criando uma circulação (Munn e Rodhe, 1985).

II.5.6. Circulação geral da atmosfera

A região Austral de África é dominada por quatro padrões de circulação de escala sinóptica. Os sistemas que produzem tempo são distinguidos pelos seus padrões de circulação e pelas suas escalas características. Estes padrões são causados pelos imbalances de energia que produzem variações de temperatura e pressão. Os gradientes de pressão geram ventos, que por sua vez são influenciados por factores como rotação da terra, fricção, variações da temperatura, variações da humidade e barreiras montanhosas (Tyson e Preston-White, 1988).

Os diferentes tipos de campos de circulação de escala sinóptica, que ocorrem nas camadas mais baixas da atmosfera da África Austral, transportam ar e seus constituintes predominantemente em direcção à costa Este e ao Oceano Índico. A recirculação para o subcontinente é devida aos campos de circulação anticiclónica, principalmente os associados às altas transientes, que seguem a passagem das ondas ocidentais e frentes frias (Tyson e Preston-white, 2000). Portanto, os poluentes emitidos nas zonas do interior do continente, serão transportados em direcção à costa.

II.6. Aerossóis

II.6.1. Aspectos gerais sobre os aerossóis

Aerossóis são substâncias sólidas ou líquidas de tamanho microscópico, em suspensão no ar, sob forma de partículas. Os aerossóis estão sempre presentes na atmosfera mas a sua concentração, o seu tamanho, a sua forma e a sua composição química podem variar. Eles desempenham um papel extremamente importante na formação de nuvens e precipitação (se não houvessem partículas na atmosfera, não se formariam nuvens e toda a precipitação seria na forma de orvalho), afectando as propriedades ópticas e o balanço da radiação da atmosfera e superfície terrestre e como transportador de nutrientes de um lugar para o outro.

Muitas partículas são higroscópicas e uma maioria contém água e são aproximadamente esféricas. Outras são formadas como cristais, agulhas ou cadeias. A forma reflecte os processos de formação e transformação e uma análise microscópica de uma amostra do filtro pode dar informação importante sobre as fontes das partículas.

Por causa da diferença na forma dos aerossóis a classificação do tamanho nem sempre é fácil. Para partículas esféricas, o raio ou diâmetro é uma medida natural. Para partículas com uma

forma irregular é comum serem atribuídas um tamanho igual ao tamanho das partículas com características ópticas ou aerodinâmicas similares (Munn e Rodhe, 1985).

II.6.2. Distribuição do tamanho dos aerossóis

Os aerossóis possuem tamanhos que variam de nanômetros (nm) a dezenas de micrômetros (μm) de diâmetro. As partículas são naturalmente divididas por intervalos de tamanho.

A divisão por intervalos é importante, uma vez que as frações de tamanho possuem diferentes propriedades físicas e químicas, diferentes processos de emissão e remoção da atmosfera.

II.6.2.1. Partículas finas

Partículas finas, são partículas com diâmetro aerodinâmico inferior a $2.5 \mu\text{m}$, e incluem partículas primárias geradas por processos de combustão por indústrias, veículos e partículas secundárias, resultantes de conversão gás-partícula na atmosfera, como por exemplo a formação de sulfatos a partir do dióxido de enxofre. Estas partículas, geralmente permanecem na atmosfera por dias ou semanas (Baird, 1994).

II.6.2.2. Partículas grossas

Partículas grossas são partículas com diâmetro aerodinâmico superior a $2.5 \mu\text{m}$ e incluem geralmente partículas primárias, formadas a partir de processos mecânicos, como ressuspensão de poeira do solo por ventos, sal marinho, cinzas de combustão e emissões biogénicas naturais. Estas partículas têm um tempo de permanência muito curto na atmosfera (Baird, 1994)

II.6.2.3. Partículas inaláveis

Este grupo de partículas engloba as partículas do modo fino e grosso menores que $10 \mu\text{m}$. Estas são basicamente constituídas por sulfatos, nitratos, amónia, aerossol carbonáceo, sais marinhos, elementos do solo (Al, Si, Ti, Ca, Fe), metais pesados (Pb, Zn, Cu, V, Ni, Cd e outros) e água.

Outro tipo de aerossol é o aerossol carbonáceo, que é constituído por compostos de carbono orgânico primários e secundários. As fontes primárias são, principalmente, a combustão incompleta de combustíveis fósseis ou evaporação, processos industriais e emissão biogénica. As fontes secundárias são os carbonos orgânicos voláteis. O "black carbon" é predominantemente produto primário de processos de combustão incompleta de matéria orgânica.

II.6.3. Composição química dos aerossóis

A composição química dos aerossóis, varia no tempo e no espaço devido aos processos envolvidos na sua emissão e formação. Em geral, a composição das partículas grossas é determinada pela composição dos solos e águas dos oceanos de onde o material é derivado. Assim nos ambientes marinhos, Cl^- , Na^+ , SO_4^{2-} , Mg^{2+} , constituem a maior fracção; sobre a terra, os elementos da crosta (Si, Al, Fe, Ca, etc) são muito comuns.

As emissões antrópicas fazem contribuições significantes, para a concentração das partículas grossas somente relativas a fontes da poluição.

As partículas finas são principalmente compostas de compostos secundários formados na atmosfera através das transformações químicas de várias espécies de gases. A água líquida também contribui com uma pequena fracção de massa, a quantidade que depende da humidade relativa do ar.

Tanto no ar urbano como em zonas remotas, o SO_4^{2-} constitui frequentemente o composto simples de partículas secas mais comum. Seu catião associado é normalmente NH_4^+ ou H^+ . Outros constituintes abundantes das partículas finas incluem NO_3^- , fuligem (carbono elementar) e vários compostos orgânicos.

Em áreas urbanas, o chumbo proveniente dos motores de veículos é também um componente importante em partículas finas de aerossóis. A fracção de chumbo libertada pelos tubos de escape, é também associada à partículas grossas depositadas na vizinhança das estradas.

Além dos mais comuns constituintes aqui mencionados, tantas outras espécies traço têm sido identificadas nas partículas aerossóis. Estas espécies traço, incluem metais, compostos orgânicos e radionuclídeos (Munn e Rodhe, 1985).

II.6.4. Característica óptica dos aerossóis

Os aerossóis têm uma tendência à interacção com a radiação electromagnética, tendo como consequências a atenuação da radiação solar, com possíveis impactos no clima e degradação da visibilidade nas áreas urbanas e nas zonas altamente industrializadas.

A interacção das partículas (incluindo moléculas de gás) no ar, é responsável pela recondução da radiação electromagnética, ocorrendo o processo denominado dispersão (Munn e Rodhe, 1985).

A dispersão não é o único processo que causa a extinção da luz do feixe. A luz pode também ser absorvida. A absorção da luz visível pelos aerossóis é principalmente causada pela fuligem. Embora a fuligem não seja frequentemente o maior componente dos aerossóis, é muito importante por causa do seu potencial efeito climático.

II.6.5. Processos de remoção dos aerossóis

Os processos de remoção dos aerossóis ocorrem basicamente por deposição seca e húmida. A deposição seca ocorre devido a acção da gravidade sobre as partículas, sendo mais eficiente na fracção grossa a sua taxa de deposição é influenciada por processos meteorológicos, condições da superfície e propriedades do material depositado. A deposição húmida ocorre por remoção de partículas dentro e abaixo das nuvens, devido a precipitação (Munn e Rodhe, 1985).

III. Metodologia

A metodologia usada neste trabalho envolveu duas fases, descritas a seguir.

III.1. Colecta de dados [primeira fase]

A colecta de dados deu-se basicamente através da realização da amostragem de partículas, utilizando como equipamentos de colecta dois amostradores de pequeno volume (Mini-vol). Estas medições de campo foram realizadas em quatro áreas distintas, nomeadamente: Xipamanine, Baixa da Cidade, Lixeira de Hulene e Câmpus universitário.

As metodologias adoptadas para os programas de amostragem em cada uma das quatro áreas pré-seleccionadas são descritas a seguir.

III.1.1. Estratégia de amostragem

Para a amostragem na cidade de Maputo, foram escolhidos quatro pontos, de acordo com as seguintes características:

Xipamanine

É um bairro onde se localiza um grande mercado, e este faz com que maior fluxo de viaturas e pessoas se registre naquele local, contribuindo para a ressuspensão de poeiras e emissão de fumos pelas viaturas.

Baixa da Cidade

Nesta zona da cidade, localizam-se vários empreendimentos comerciais, turísticos e de serviços, o que faz com que haja um grande fluxo de viaturas.

Câmpus Universitário

O câmpus é uma zona relativamente livre de fontes de poluição do ar, as prováveis fontes são a ressuspensão de poeiras e o transporte a partir das potenciais fontes uma vez que a atmosfera não conhece fronteiras.

Hulene

A zona de Hulene é considerada fonte importante de emissão de poluentes do ar devido localização da lixeira naquela zona, onde realiza-se a queima de resíduos sólidos à céu aberto, todos os dias.

As partículas foram recolhidas usando dois amostradores de pequeno volume, em que um deles esteve fixo no local considerado relativamente livre de fontes de poluição do ar. O outro amostrador, mudou de ponto de 10 em 10 dias, período que consideramos suficiente para uma recolha em diferentes condições.

Em cada um dos pontos, as amostras foram recolhidas em dois períodos do dia, o nocturno e o diúrno, com uma duração de 11 horas, para cada período. A escolha desta resolução temporária, teve como objectivos, garantir que em todos os dias os períodos de amostragem fossem os mesmos.

Para cada ponto de amostragem, excepto no Câmpus Universitário, estavam previstas 20 amostras, sendo 10 diúrnas e 10 nocturnas. Para o câmpus estavam previstas 60 amostras, uma vez que neste local a amostragem devia decorrer continuamente enquanto os outros pontos variavam.

III.1.2. Instrumentação

Os dados foram obtidos a partir de uma recolha no campo através de um “Minivol Portable Sampler” (Fig.7). Este aparelho serve para recolher amostras de partículas em suspensão no ar (Numa configuração apropriada, também pode ser usado para a recolha de amostras de gases).

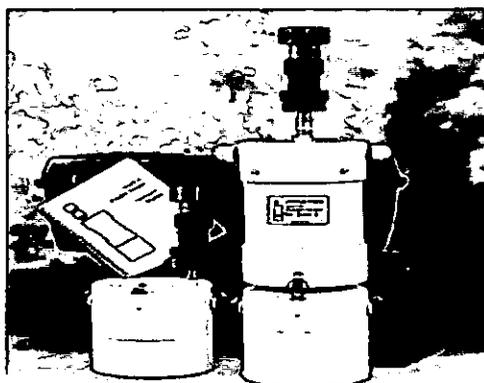


Fig.7- Fotografia de um Minivol Portable Sampler

[Fonte: <http://www.airmetrics.com/products/minivol/index.html>]

III.1.3. Descrição do aparelho

O “Minivol Portable Sampler” é basicamente uma bomba de ar com controlo automático, que pode ser programada para realizar até 6 corridas diárias ou semanais. Fimdo o período de recolha

programado, a bomba desliga automaticamente. É neste momento que se substituem o filtro e a bateria.

Quando usado fora, pode ser pendurado em suportes que podem ser montados em diferentes estruturas como pilares, postes de iluminação, torres, árvores, etc. (Fig.8).

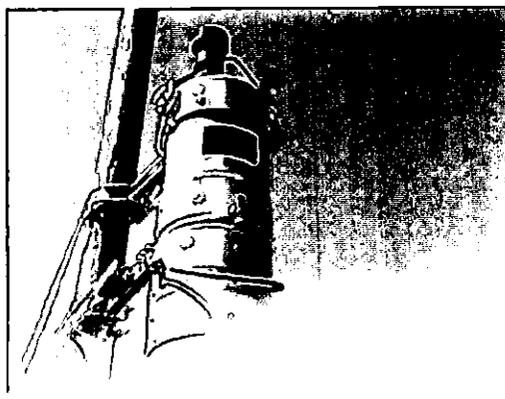


Fig.8- Fotografia de um "Minivol Portable Sampler" no campo.

[Fonte: <http://www.airmetrics.com/products/minivol/siting.html>]

O "Sampler" está equipado de modo a operar usando a corrente contínua (DC) e corrente alternada (AC). No modo DC, o sampler opera com bateria, recarregável. Com a bateria cheia o aparelho pode funcionar durante 24 horas. No modo AC, a bateria é ligada á uma fonte de corrente alternada e ao aparelho. Esta configuração permite que a bateria carregue enquanto o aparelho estiver em funcionamento.

O aparelho pode ser configurado para recolher partículas ou para recolher gases ou ainda, partículas e gases simultaneamente. Para recolher partículas o ar passa através de um separador e depois é dirigido a um filtro médio. A separação do tamanho das partículas é feita por meio de um separador. O mais importante para a recolha do tamanho correcto das partículas é o fluxo correcto de ar através do separador. Para o Minivol o fluxo deve ser de 5 litros por minuto (5lpm) nas condições ambientais. Para assegurar um fluxo constante através do separador em diferentes temperaturas e diferentes pressões atmosféricas, o "sampler" deve ser calibrado para cada projecto.

O quite tem separadores para partículas com diâmetro inferior a 2.5 μm (PM2.5) e para partículas com diâmetro superior a 2.5 μm e inferior a 10 μm (PM10). Para a recolha do tamanho correcto

de partículas é necessário que os separadores estejam dispostos conforme se mostra nas figuras 9 e 10, para PM2.5 e PM10 respectivamente.

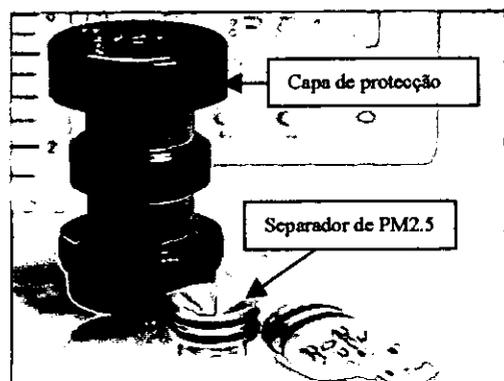


Fig.9- Fotografia de separadores de PM2.5.
Fonte:
<http://www.airmetrics.com/products/minivol/pm25.html>

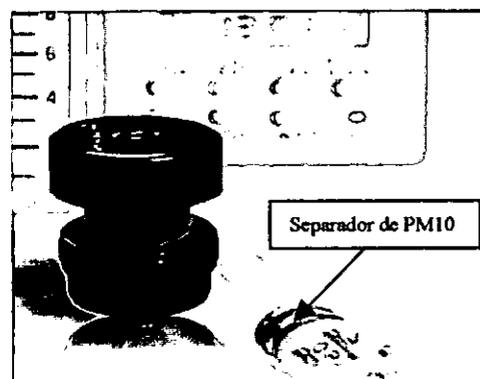


Fig.10- Fotografia de separadores de PM10.
Fonte:
<http://www.airmetrics.com/products/minivol/pm10.html>

Operar sem estes separadores implica recolher todas as partículas suspensas no ar. Estas partículas incluem os modos fino e grosso com um diâmetro máximo de 100 μm .

III.2. Análise de dados [segunda fase]

A análise de dados devia consistir de duas componentes: a análise gravimétrica e a análise química. Tendo sido impossível a realização da análise química, os estudos visaram apenas verificar se os níveis de concentração determinados se enquadram nas directivas da organização mundial da saúde e verificar em que período do dia se verificam maiores índices.

III.2.1. Análise gravimétrica

Análise Gravimétrica é a determinação da concentração das partículas baseada na diferença de massa dos dispositivos de colheita (filtros), antes e depois da exposição (Green, 2003).

Para saber qual é a quantidade das amostras colhidas recorre-se a análise gravimétrica, pois esta constitui uma técnica analítica poderosa na determinação e quantificação de substâncias químicas em mistura. Ela está baseada na medida da massa de um (ou mais) constituintes de uma amostra, por medição indirecta. Esta análise compreende a determinação da massa das partículas, bem como a concentração das mesmas.

A massa das partículas é obtida fazendo a diferença entre a massa dos filtros antes e depois da exposição.

$$M_{PM} = M_f - M_i \quad (1)$$

Onde M_{PM} é massa das partículas recolhidas no filtro, M_f , a massa do filtro depois da exposição e M_i , Massa do filtro antes da exposição. A massa das partículas é dada em micrograma (μg).

O volume do ar que passa através do filtro é dado pelo produto entre o fluxo médio e o tempo total, decorrido durante a recolha das amostras.

$$V = Q \times t \times 10^{-3} \quad (2)$$

Onde V é o volume do ar que passa através do filtro, dado em metros cúbicos (m^3), Q é o fluxo do ar, dado em litros por minuto (L/min), e t , o tempo total decorrido durante a amostragem, dado em minutos (min).

A concentração é obtida pela razão entre a quantidade das partículas e o volume do ar que passou através do filtro.

$$[PM] = \frac{M_{PM}}{V} \quad (3)$$

Onde $[PM]$, é a concentração das partículas, dada em micrograma por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), M_{PM} , massa das partículas em micrograma (μg) e V , volume em metros cúbicos (m^3).

Os dois programas estatísticos mais usados para o processamento dos dados da análise gravimétrica são "Microsoft Excel" e "BalanceLink" (Green, 2003).

IV. Resultados e discussão

IV.1. Resultados

As tabelas de 1 a 8, dão-nos as concentrações das partículas obtidas em cada local. De igual modo são apresentados gráficos para efeitos de comparação dos valores recolhidos no mesmo local, em diferentes períodos do dia. Foram invalidadas as concentrações de alguns filtros, por apresentarem valores negativos, facto que pode estar associado à erros na determinação da massa.

IV.1.1. Xipamanine

Neste local foram determinadas as concentrações de 21 amostras de partículas finas, recolhidas durante dois períodos. Durante o período nocturno foram recolhidas 11 amostras, tendo sido invalidadas duas, por estas apresentarem valores negativos de concentração, o que estará associado a erros na determinação da massa.

A Tabela 1 apresenta as concentrações das partículas finas recolhidas e os respectivos dias da recolha.

Tabela 1- Concentrações de partículas finas recolhidas durante a noite em Xipamanine

Local	Código do Filtro	Data	Tempo (h)	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PEX	CML1004	19-Oct	11	1.82
PEX	CML1006	20-Oct	11	12.12
PEX	CML1008	21-Oct	11	6.67
PEX	CML1009	22-Oct	11.5	15.07
PEX	CML1011	23-Oct	11	23.64
PEX	CML1013	24-Oct	11	26.67
PEX	CML1015	25-Oct	11	8.48
PEX	CML1017	26-Oct	11	6.06
PEX	CML1019	28-Oct	-----	-----
PEX	CML1022	29-Oct	11	9.09
PEX	CML1024	30-Oct	-----	-----

Durante o período diurno foram recolhidas 10 amostras, tendo sido todas válidas. Os respectivos valores de concentração são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2- Concentrações das partículas finas recolhidas durante o dia em Xipamanine

Local	Código do Filtro	Data	Tempo (h)	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PEX	CML1005	20-Oct	11	23.03
PEX	CML1007	21-Oct	11	18.18
PEX	CML1010	23-Oct	11	29.70
PEX	CML1012	24-Oct	11	12.12
PEX	CML1014	25-Oct	11	16.36
PEX	CML1016	26-Oct	11	29.70
PEX	CML1018	27-Oct	11	9.09
PEX	CML1020	28-Oct	11	31.52
PEX	CML1021	29-Oct	10	9.33
PEX	CML1023	30-Oct	10	7.33

A Figura 11 apresenta a comparação entre os valores observados durante o dia e os observados durante a noite. Para a zona de Xipamanine, pode-se observar que em geral a concentração das partículas é maior durante o dia e menor durante a noite. Não foi possível fazer a comparação entre todos os dados, devido a invalidação de algumas amostras. Por esta razão, no gráfico, foram usados os valores dos dias 20,21,23,24,25,26 e 29.

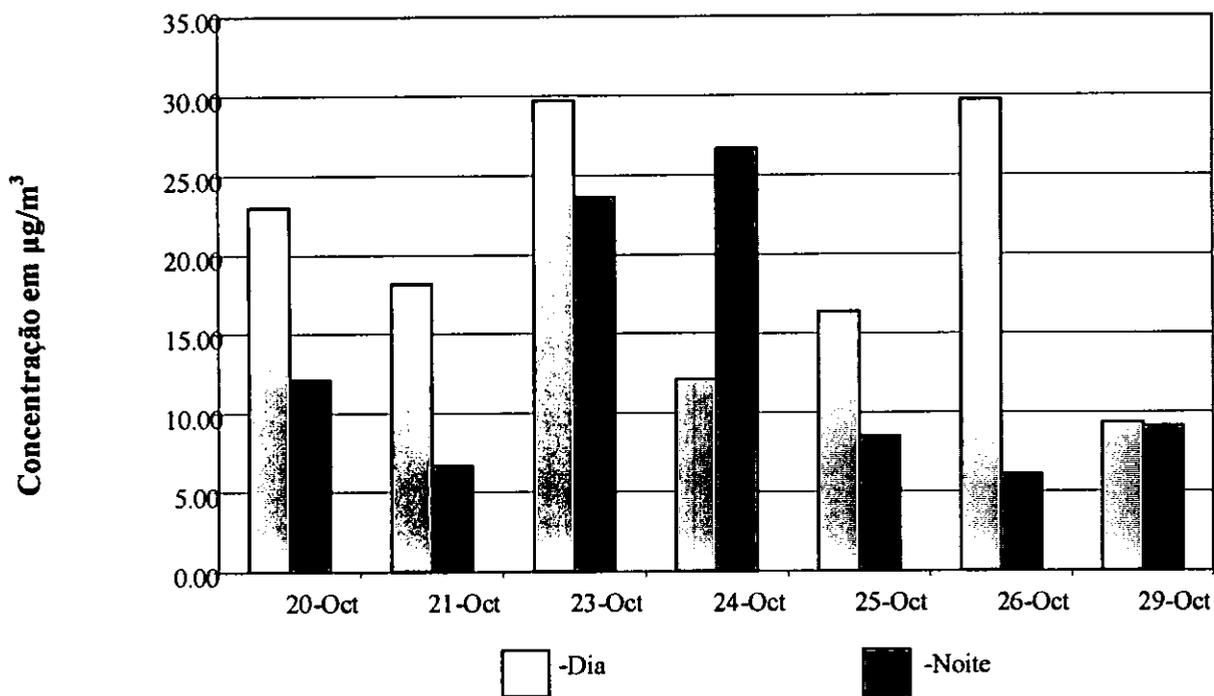


Fig.11- Comparação das concentrações das partículas finas durante o dia e a noite em Xipamanine

IV.1.2. Baixa da Cidade

Neste local foram determinadas as concentrações de 20 amostras de partículas, (8 de partículas finas e 16 de partículas grossas) durante dois períodos, sendo 10 para cada período. Durante o período nocturno foram recolhidas 6 amostras de partículas finas e 4 de partículas grossas, tendo sido invalidada 1, referente às partículas finas do dia 7 de Novembro, por esta apresentar valor negativo de concentração, o que estará provavelmente associado à erros na determinação da massa.

A Tabela 3 apresenta as concentrações das partículas recolhidas e os respectivos dias. Nesta tabela, as concentrações referentes aos dias 13, 15, 16 e 17, correspondem às partículas grossas enquanto que as restantes correspondem às finas.

Tabela 3- Concentrações das partículas finas e grossas recolhidas durante a noite na Baixa da cidade

Local	Código do Filtro	Data	Tempo (h)	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
CMCM	CML1025	7-Nov	-----	-----
CMCM	CML1027	8-Nov	11	8.48
CMCM	CML1029	9-Nov	11	15.76
CMCM	CML1031	10-Nov	11	21.21
CMCM	CML1033	11-Nov	11	15.76
CMCM	CML1035	12-Nov	11	10.91
CMCM	CML1037	13-Nov	11	27.27
CMCM	CML1040	15-Nov	12	40.56
CMCM	CML1042	16-Nov	11	24.85
CMCM	CML1044	17-Nov	11	32.73

Durante o período diurno foram recolhidas 10 amostras de partículas, 6 de partículas finas e 4 de partículas grossas, tendo sido invalidada a amostra do dia 14, por terem se constatado falhas.

A Tabela 4 apresenta os valores das concentrações e os respectivos dias. Nesta tabela, os dias 14, 15, 16 e 17, correspondem às partículas grossas, enquanto que os restantes correspondem à partículas finas.

Tabela 4- Concentração das partículas finas e grossas recolhidas durante o dia na baixa da cidade

Local	Código do Filtro	Data	Tempo (h)	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
CMCM	CML1026	8-Nov	11	4.85
CMCM	CML1028	9-Nov	11	27.27
CMCM	CML1030	10-Nov	11	6.82
CMCM	CML1032	11-Nov	11	3.64
CMCM	CML1034	12-Nov	11	14.55
CMCM	CML1036	13-Nov	11	7.27
CMCM	CML1038	14-Nov	-----	-----
CMCM	CML1039	15-Nov	11	9.28
CMCM	CML1041	16-Nov	11	40.00
CMCM	CML1043	17-Nov	11	17.58

Para a zona da Baixa da cidade, pode-se observar que em geral a concentração das partículas é maior durante a noite e menor durante o dia. A comparação foi feita com 8 valores pelo facto de terem sido invalidadas algumas amostras e por isso alguns dados ficaram sem pares para efeitos de comparação.

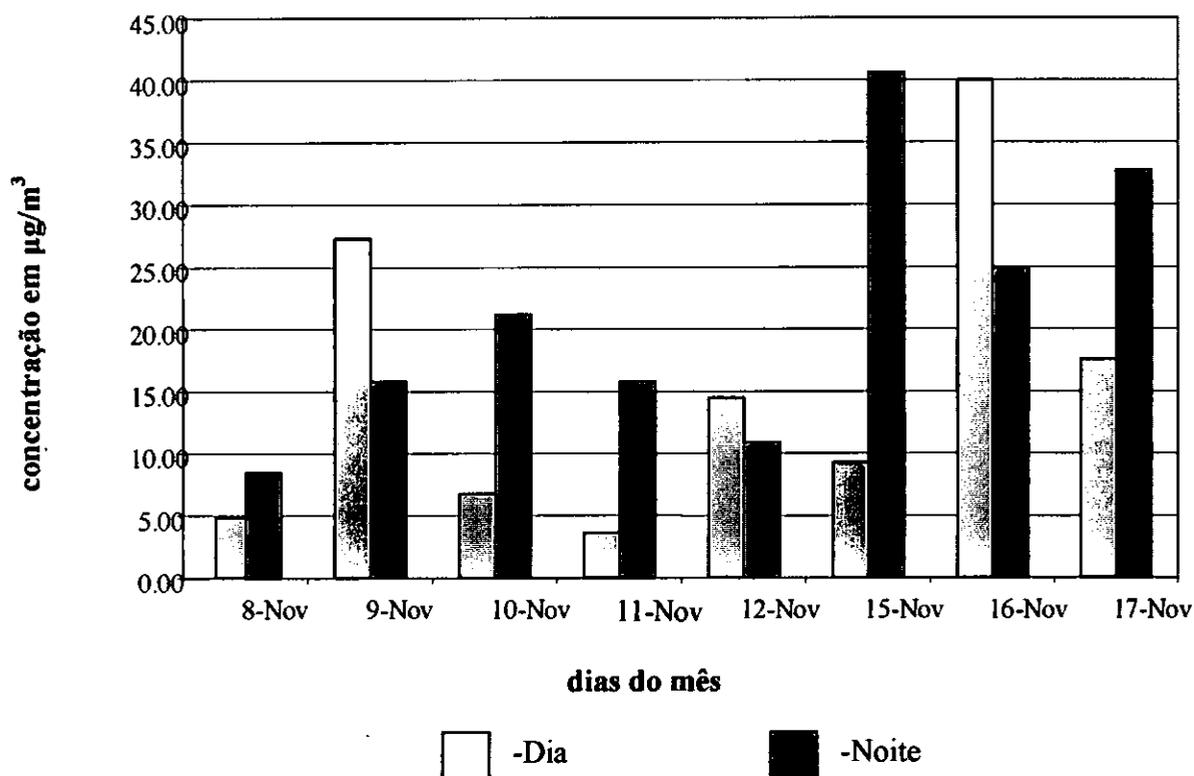


Fig.12- Comparação das concentrações das partículas finas (dias: 8,9,10,11 e 12) e grossas (dias: 15, 16 e 17) na Baixa da Cidade

IV.1.3. Câmpus Universitário

Neste local foram determinadas as concentrações de 34 amostras de partículas finas, (16 nocturnas e 18 diúrnas) recolhidas durante dois períodos. Durante o período nocturno foram recolhidas 16 amostras, tendo sido invalidada uma, por esta apresentar concentração negativa, o que estará associado a erros na determinação da massa.

A Tabela 5 apresenta as concentrações das partículas finas recolhidas durante a noite e os respectivos dias.

Tabela 5- Concentração das partículas finas recolhidas durante a noite no Câmpus Universitário

Local	Código do Filtro	Data	Tempo (h)	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
DF	CML1051	26-Oct	11	33.33
DF	CML1053	27-Oct	11	33.33
DF	CML1055	28-Oct	11	72.73
DF	CML1057	29-Oct	11	19.39
DF	CML1059	30-Oct	11	10.91
DF	CML1061	31-Oct	11	19.39
DF	CML1063	1-Nov	11	24.24
DF	CML1065	2-Nov	11	1.82
DF	CML1067	3-Nov	11	15.76
DF	CML1070	5-Nov	11	16.36
DF	CML1072	6-Nov	11	12.12
DF	CML1074	7-Nov	11	16.97
DF	CML1077	9-Nov	-----	-----
DF	CML1079	10-Nov	11	10.30
DF	CML1081	11-Nov	11	9.09
DF	CML1083	12-Nov	11	9.70

Durante o período diúrno foram recolhidas 18 amostras, foram invalidadas duas, por apresentarem concentrações negativas, o que estará associado a erros na determinação da massa. A Tabela 6 apresenta as concentrações das partículas recolhidas durante o dia e os respectivos dias.

Tabela 6- Concentração das partículas finas recolhidas durante o dia no Câmpus Universitário

Local	Código do Filtro	Data	Tempo (h)	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
DF	CML1052	27-Oct	7	61.90
DF	CML1054	28-Oct	11	30.30
DF	CML1056	29-Oct	11	24.24
DF	CML1058	30-Oct	11	3.64
DF	CML1060	31-Oct	-----	-----
DF	CML1062	1-Nov	11	12.12
DF	CML1064	2-Nov	11	12.12
DF	CML1066	3-Nov	11	15.15
DF	CML1068	4-Nov	11	3.03
DF	CML1069	5-Nov	11	17.58
DF	CML1071	6-Nov	12	13.89
DF	CML1073	7-Nov	11	21.82
DF	CML1075	8-Nov	11	0.61
DF	CML1076	9-Nov	-----	-----
DF	CML1078	10-Nov	10	4.00
DF	CML1080	11-Nov	11	1.82
DF	CML1082	12-Nov	11	14.55
DF	CML1084	13-Nov	11	11.52

A partir do gráfico abaixo, pode ver-se que no Câmpus Universitário, a concentração das partículas é, em geral, maior durante o dia e menor durante a noite. Não foi possível usar todos os valores para efeitos de comparação, uma vez terem-se invalidadas algumas amostras, o que fez com que algumas amostras tivessem que ficar sem pares.

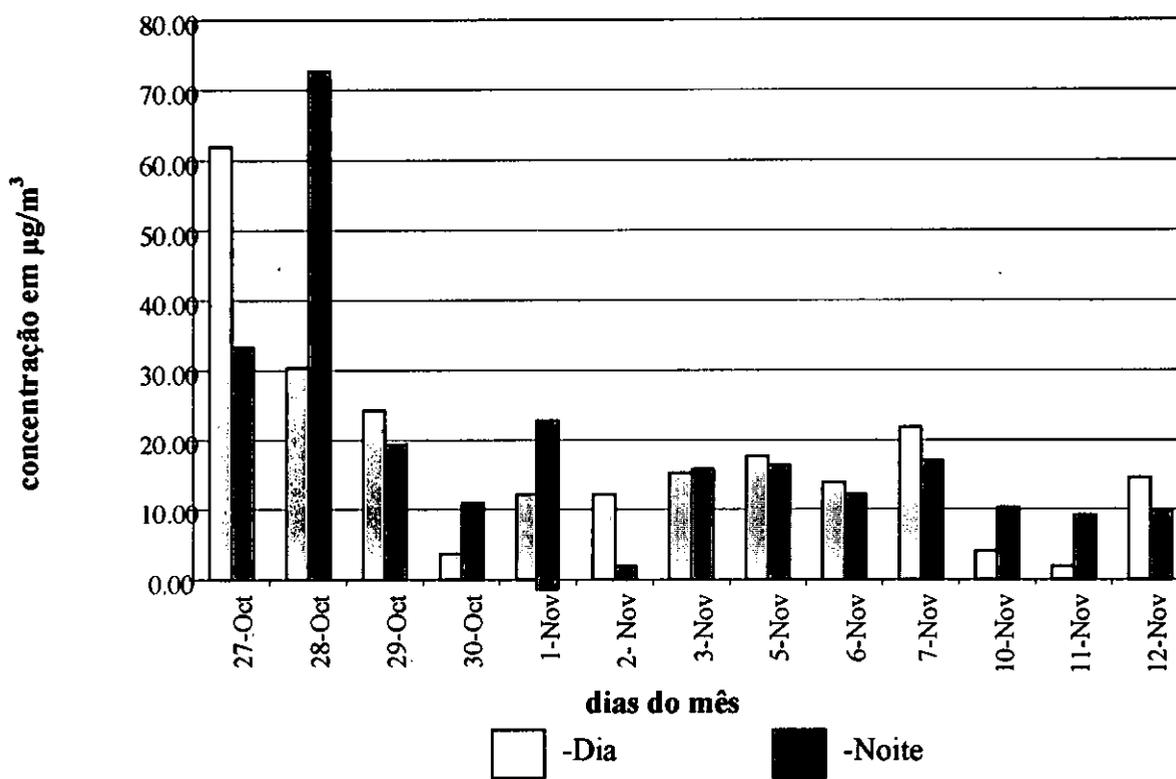


Fig.13- Comparação das concentrações das partículas finas no Câmpus Universitário

IV.1.4. Hulene

Neste local foram determinadas as concentrações de 19 amostras de partículas grossas, durante dois períodos, sendo 10 para o período nocturno e 9 para o período diurno.

As concentrações das amostras recolhidas durante a noite, foram todas validadas, sendo apresentadas a seguir na Tabela 7.

Tabela 7- Concentração das partículas grossas recolhidas durante a noite em Hulene

Local	Código do Filtro	Data	Tempo (h)	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
LIX	CML1085	15-Nov	11	20.00
LIX	CML1087	16-Nov	11	46.06
LIX	CML1089	17-Nov	11	33.33
LIX	CML1091	18-Nov	11	63.64
LIX	CML1093	19-Nov	9	127.41
LIX	CML1095	20-Nov	11	46.06
LIX	CML1097	21-Nov	11	45.45
LIX	CML1099	22-Nov	11	61.82
LIX	CML1047	23-Nov	11	62.42
LIX	CML1049	25-Nov	11	10.30

Durante o período diurno foram recolhidas 9 amostras de partículas, tendo sido todas válidas

Tabela 8- Concentração das partículas grossas recolhidas durante o dia em Hulene

Local	Código do Filtro	Data	Tempo (h)	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
LIX	CML1086	16-Nov	11	98.18
LIX	CML1088	17-Nov	11	99.39
LIX	CML1090	18-Nov	11	66.67
LIX	CML1092	19-Nov	11	95.76
LIX	CML1094	20-Nov	11	133.33
LIX	CML1096	21-Nov	11	31.52
LIX	CML1098	22-Nov	11	73.33
LIX	CML1100	23-Nov	11	66.06
LIX	CML1048	24-Nov	11	20.61

Para a zona de Hulene pode-se observar que a concentração das partículas é maior durante o dia e menor durante a noite. Para esta comparação apenas não foram usados os dados do dia 15, pelo facto de a amostragem ter começado na noite do mesmo dia.

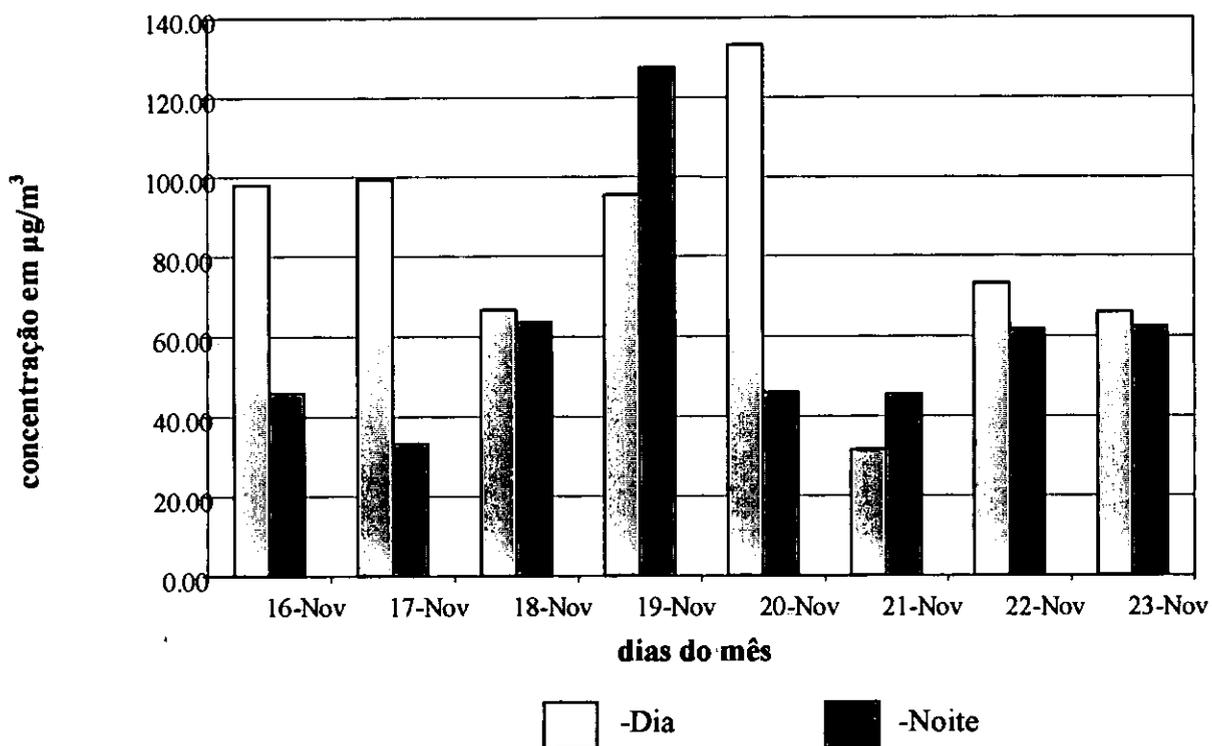


Fig.14- Comparação das concentrações das partículas grossas em Hulene

IV.2. Discussão dos resultados

Segundo os resultados apresentados, e tendo em vista os objectivos do trabalho, podemos assumir que estes corresponderam às expectativas, pese embora o facto de em alguns locais terem ocorrido situações que passamos a discutir a seguir:

IV.2.1. Xipamanine

Conforme a descrição dada no capítulo III, e para o tipo de partículas recolhidas, podemos considerar aceitáveis os resultados apresentados pois, da teoria sabe-se que estas partículas podem vir de entre outras fontes, da libertação do carbono pelos motores dos veículos, e da ressuspensão da poeira e estas duas fontes são preponderantes neste local.

Na Tabela 1, temos no dia 19 de Outubro um valor extremamente baixo de concentração, que tal pode estar associado a erros na determinação da massa.

Os valores observados, indicam que a concentração em média é maior durante o dia e menor durante a noite. Este resultado, pode ter como suporte o facto de o maior número de fontes operar durante o dia.

Podia-se esperar o inverso, pelo facto de durante o dia a velocidade de diluição ser maior uma vez que aos outros factores associa-se o aquecimento radiativo. Mas vale a pena recordar que o maior tráfego automóvel (uma das maiores fontes da poluição urbana) regista-se nas primeiras horas da manhã e nos finais da tarde, períodos em que o aquecimento radiativo não é muito intenso; além disso, temos em geral ventos calmos e fracos, o que pouco ajuda na dispersão dos poluentes.

IV.2.2. Baixa da Cidade

Na baixa da cidade foram recolhidas partículas finas e grossas. Sendo que numa maneira geral as maiores fontes operam durante o dia, esperava-se que em média a concentração fosse mais alta durante o dia e baixa durante a noite, mas verificou-se o inverso, houve maior frequência de valores altos durante a noite e menor durante o dia.

Esta inversão pode dever-se ao facto de na baixa da cidade, haverem também empreendimentos turísticos, facto que contribui para que o tráfico automóvel (uma das principais fontes da poluição urbana), registre-se mesmo até altas horas da noite.

Além disso, a baixa da cidade é uma zona completamente de cimento, localizada ao longo de um declive, o pavimento das ruas e os próprios edifícios, absorvem muito calor durante o dia, que é lentamente libertado durante a noite, criando uma circulação própria da zona em condições de ventos calmos a moderados. Por isso os ventos que se fizeram sentir durante o período em análise, associados ao estado da zona, podem também ter contribuído para estes valores de concentração, pois sob estas condições, durante o dia o ar sobe do lado da encosta que recebe raios solares (facilitando deste modo a subida do material poluente). Durante a noite, há uma substituição do ar quente pelo frio (ar quente sobe e ar frio desce) e o ar frio traz consigo poluentes provenientes das zonas altas circunvizinhas, que se associam aos gerados na zona.

IV.2.3. Câmpus Universitário

No câmpus universitário foram recolhidas partículas finas. Neste local, esperava-se que os valores de concentração fossem os menores possíveis, visto que não temos fontes relevantes de poluição do ar. Contrariamente ao esperado, o Câmpus Universitário, registou em alguns dias valores acima da média diária da Agência Norte-americana de Protecção Ambiental (U.S EPA), que é de $65\mu\text{g}/\text{m}^3$ em 24 horas, para partículas finas (v. Fig.3, anexo-C). Este facto pode estar associado como nos referimos na descrição do local, ao transporte a partir de fontes destacáveis, embora não tenha sido possível obter dados sobre o rumo dos ventos nos dias em causa, ou ainda à contaminação dos filtros.

IV.2.4. Hulene

Foram recolhidas apenas partículas grossas. Neste local, foram encontrados os mais altos valores, que em alguns dias chegaram a superar o padrão da U.S EPA, para estas partículas (v. Fig.4, anexo-C).

Estes resultados, não são surpreendentes uma vez que além de vários outros factores que de certo modo terão contribuído, temos a lixeira que contém diferentes tipos de resíduos sólidos, que são levantados pelo vento. Além disso, neste local queimam-se diariamente resíduos sólidos ali

depositados e durante essa queima, libertam-se fumos e restos de material que não terá queimado completamente.

Ainda neste local, temos nos dias 19 e 20 de novembro, valores muito altos de concentração, isto é, muito diferentes dos restantes. Isto pode se dever ao vento pois, no dia 20, temos vento de norte e o "sampler" estava colocado a sul da lixeira. Provavelmente a mesma explicação seja válida em relação ao dia 19, só que infelizmente dos dados obtidos do INAM, não temos informação sobre o vento neste dia.

V- Conclusões e recomendações

V.1. Conclusões

Em relação aos índices de concentração das partículas encontrados, podemos concluir o seguinte:

- A zona de Hulene apresenta maiores índices de concentração de partículas, comparada à Baixa da Cidade, Xipamanine e Câmpus Universitário. Além disso, 25% das amostras consideradas válidas têm valores de concentração superiores ao padrão estabelecido pela agência americana de protecção ambiental (United States Environmental Protection Agency-EPA), ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$ em 24 horas);
- No Câmpus Universitário foram observados valores baixos de concentração. Das 13 amostras, seleccionadas, apenas 15% delas é que têm valores acima do padrão da EPA para partículas finas ($65\mu\text{g}/\text{m}^3$ em 24 horas);
- Na baixa da cidade, em nenhuma das amostras se excederam os padrões da EPA, tanto em partículas finas ($65\mu\text{g}/\text{m}^3$ em 24 horas) como em partículas grossas ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$ em 24 horas);
- Em Xipamanine foram recolhidas apenas partículas finas e, em nenhuma das amostras se excedeu o padrão da EPA ($65\mu\text{g}/\text{m}^3$ em 24 horas);
- Como era de esperar, a zona de Hulene é que apresentou maiores índices de concentração de partículas, os quais ultrapassaram o padrão da EPA da qualidade do ar. Este facto pode ser explicado como se devendo à localização de uma lixeira naquele local, onde se faz a queima de resíduos sólidos dia e noite, conjugado o tráfego automóvel intenso ao longo da via que passa pelo local.
- Os valores de concentração, são em geral altos durante o dia e baixos durante a noite. Este facto, deve-se ao elevado índice de emissão durante este período, associado às fracas condições de dispersão dos poluentes, uma vez que nas primeiras horas da manhã há um intenso tráfego automóvel (uma das principais fontes da poluição urbana), mas em contrapartida neste período do dia, ainda não se faz sentir muito calor que facilitaria a dispersão dos poluentes; outra razão não menos importante é o vento sobre a cidade, pois varia de calmo à fraco.

- Na baixa da cidade, os maiores níveis de concentração foram registados com maior frequência durante a noite. Isto mostra que a topografia da zona, apesar de não ser um parâmetro meteorológico, desempenha um papel importante na dispersão dos poluentes, pois sob condições de ventos fracos, a cidade irá criar a sua própria circulação.

V.2. Dificuldades

No âmbito da realização deste trabalho, houve uma série de dificuldades, tanto na recolha de dados como na análise dos mesmos, dentre as quais destacam-se as seguintes:

- Na recolha de dados, as principais dificuldades, foram de localizar um lugar ideal do ponto de vista de fontes e ao mesmo tempo seguro e de fácil acesso.
- Na análise de dados, os grandes problemas encontrados foram: a falta de acesso às técnicas analíticas para uma caracterização química das partículas; obtenção de amostras com quantidades de massa de partículas muito pequenas;

V.3. Recomendações

Para terminar este trabalho, reconhecemos e alertamos que os resultados aqui apresentados são passíveis de erros, sobretudo porque o estudo foi realizado numa única estação do ano e, o tempo de estudo foi curto. Assim sendo, é importante deixar as seguintes recomendações:

- Devem ser levados a cabo mais estudos do género, com tempo mais alargado, tendo o cuidado de analisar a época seca e a época chuvosa, pois a estação do ano também tem influência na concentração dos poluentes.
- Visto não ter sido possível fazer a caracterização química por falta de meios, recomenda-se que para os próximos trabalhos se envidem esforços para que tal se efective.
- Devem ser realizados estudos que visem caracterizar o comportamento das partículas em suspensão, tendo em consideração os processos de geração, emissão, dispersão e deposição destas partículas.

- Promover palestras para sensibilizar os cidadãos sobre os perigos que representam as partículas suspensas na atmosfera, para a saúde, o tempo, o clima, a vegetação, as infra-estruturas, etc.

VI. Referências Bibliográficas

Ahrens, C. D., 1994, *Essentials of Meteorology-An Invitation to the Atmosphere*, 2ª edição.

AIRMetrics, Minivol Portable Air Sampler-*Operation Manual*. (n.d). retrieved February 26, 2005, from <http://www.airmetrics.com/products/minivol>

Baird, C., 1994, *Environmental Chemistry*, Stonehurst, Nova Scotia.

Bryant, E., 1997, *Climate Process and Change*, Cambridge University Press, United Kingdom.

Campbell, J. L., K.G. Malmqvist, S.A.E. Johansson, 1995, *Particle-Induced X-Ray Emission Spectrometry (PIXE)*, John Wiley & Sons, Inc., New York, U.S.A.

De Almeida, I. T., 1999, *A Poluição Atmosférica Por Material Particulado na Mineração a Céu Aberto*, Tese de Mestrado, Universidade de S. Paulo, Brasil.

De Cequeira, L., 1999, *A Poluição do Ar, situação preocupante, porém controlada*. http://www.unilivre.org.br/banco_de_dados/f_textos/forum/polar.htm

Green, L. C., 2003, *Standard Operating Procedure for PM2.5 Gravimetric Analysis*, Research Triangle Park, North Carolina, U.S.A.

Instituto Nacional de Estatística, 2001 *Anuário Estatístico, Cidade de Maputo 2001*, Moçambique.

Munn, R. E., H. Rodhe, 1985, *Compendium of Meteorology*, Vol.II, Geneva.

NASA, 1996, *Atmospheric Aerosols What Are They and Why Are They So Important?* 5pp-
<http://oea.lare.nasa.gov/PAIS/Aerosols.html>.

Preston-Whyte, R. A, P. D. Tyson, 1988, *The Atmosphere and Weather of Southern Africa*, Oxford University Press, Cape Town, South Africa.

Preston-Whyte, R. A, P. D. Tyson, 2000, *The Weather and Climate of Southern Africa*, 2ª edição, Oxford University Press, Cape Town, South Africa.

Strahler, Arthur N., 1984, *Geografia Física*, Edições Omega, Barcelona, Espanha.

Wallace, J. M., P. V. Hobbs, 1997, *Atmospheric Science- An Introductory Survey*, Academic Press, Washington, U.S.A.

<http://www.abc.net.au/northcoast/stories/51059912.htm>

<http://earthobservatory.nasa.gov/library/Aerosols/aerosol2.html>

www.alunos.utad.pt/.../incendios_intro.htm

<http://ptsoft.net/vastro/referencia/estufa/poluentes/poluentes.html#meteo>

<http://earthobservatory.nasa.gov/library/Aerosols/aerosol.html>

ANEXOS

A-TABELAS

Tabela 1 - Massa e concentração das partículas finas recolhidas em xipamanine durante o dia

ID. LOCAL	ID. PART.	ID. FILTRO	M _i (mg)	M _r (mg)	ΔM _r (mg)	M _{pm} (μg)	Q (l/min)	V (m ³)	t(h)	Data	[PM ₁] (μg/m ³)
PEX	PM 2.5	CML1005	14.76	14.84	0.02	76.00	5	3.30	11	20-Oct	23.03
PEX	PM 2.5	CML1007	14.59	14.65	0.02	60.00	5	3.30	11	21-Oct	18.18
PEX	PM 2.5	CML1010	13.84	13.94	0.03	98.00	5	3.30	11	23-Oct	29.70
PEX	PM 2.5	CML1012	14.26	14.30	0.02	40.00	5	3.30	11	24-Oct	12.12
PEX	PM 2.5	CML1014	14.32	14.37	0.02	54.00	5	3.30	11	25-Oct	16.36
PEX	PM 2.5	CML1016	14.15	14.25	0.05	98.00	5	3.30	11	26-Oct	29.70
PEX	PM 2.5	CML1018	14.19	14.22	0.02	30.00	5	3.30	11	27-Oct	9.09
PEX	PM 2.5	CML1020	14.18	14.28	0.03	104.00	5	3.30	11	28-Oct	31.52
PEX	PM 2.5	CML1021	14.21	14.23	0.04	28.00	5	3.00	10	29-Oct	9.33
PEX	PM 2.5	CML1023	14.14	14.16	0.04	22.00	5	3.00	10	30-Oct	7.33

Tabela 2 - Massa e concentração das partículas finas recolhidas em Xipamanine durante a noite

ID. LOCAL	ID. PART.	ID. FILTRO	M _i (mg)	M _r (mg)	ΔM _r (mg)	M _{pm} (μg)	Q (l/min)	V (m ³)	t(h)	Data	[PM ₁] (μg/m ³)
PEX	PM 2.5	CML1004	14.50	14.51	0.01	6.00	5	3.30	11	19-Oct	1.82
PEX	PM 2.5	CML1006	14.35	14.39	0.02	40.00	5	3.30	11	20-Oct	12.12
PEX	PM 2.5	CML1008	13.81	13.83	0.01	22.00	5	3.30	11	21-Oct	6.67
PEX	PM 2.5	CML1009	14.55	14.60	0.02	52.00	5	3.45	11.5	22-Oct	15.07
PEX	PM 2.5	CML1011	14.31	14.39	0.02	78.00	5	3.30	11	23-Oct	23.64
PEX	PM 2.5	CML1013	14.23	14.32	0.03	88.00	5	3.30	11	24-Oct	26.67
PEX	PM 2.5	CML1015	14.08	14.11	0.01	28.00	5	3.30	11	25-Oct	8.48
PEX	PM 2.5	CML1017	14.12	14.14	0.02	20.00	5	3.30	11	26-Oct	6.06
PEX	PM 2.5	CML1019	14.30	14.23	0.04	-74.00	5	3.30	11	28-Oct	-22.42
PEX	PM 2.5	CML1022	14.21	14.24	0.01	30.00	5	3.30	11	29-Oct	9.09
PEX	PM 2.5	CML1024	14.31	14.30	0.02	-6.00	5	3.00	10	30-Oct	-2.00

Tabela 3- Massas e concentrações das partículas finas recolhidas durante a noite no câmpus universitário

ID. LOCAL	ID. PART.	ID. FILTRO	M _i (mg)	ΔM _i (mg)	M _r (mg)	ΔM _r (mg)	M _{pm} (μg)	Q (l/min)	V (m ³)	t(h)	data	[PM ₁₀] (μg/m ³)
DF	PM2.5	CML1051	14.09	-----	14.20	-----	110.00	5	3.30	11	26-Oct	33.33
DF	PM2.5	CML1053	14.56	-----	14.67	-----	110.00	5	3.30	11	27-Oct	33.33
DF	PM2.5	CML1055	14.06	-----	14.30	-----	240.00	5	3.30	11	28-Oct	72.73
DF	PM2.5	CML1057	14.23	0.01	14.29	0.01	64.00	5	3.30	11	29-Oct	19.39
DF	PM2.5	CML1059	14.27	0.01	14.31	0.02	36.00	5	3.30	11	30-Oct	10.91
DF	PM2.5	CML1061	13.68	0.02	13.74	0.01	64.00	5	3.30	11	31-Oct	19.39
DF	PM2.5	CML1063	14.81	0.01	14.89	0.01	80.00	5	3.30	11	1-Nov	24.24
DF	PM2.5	CML1065	14.00	0.01	14.01	0.03	6.00	5	3.30	11	2-Nov	1.82
DF	PM2.5	CML1067	14.06	0.02	14.11	0.04	52.00	5	3.30	11	3-Nov	15.76
DF	PM2.5	CML1070	14.28	0.04	14.33	0.01	54.00	5	3.30	11	5-Nov	16.36
DF	PM2.5	CML1072	14.10	0.06	14.14	0.02	40.00	5	3.30	11	6-Nov	12.12
DF	PM2.5	CML1074	14.23	0.01	14.29	0.02	56.00	5	3.30	11	7-Nov	16.97
DF	PM2.5	CML1077	15.17	0.03	15.14	0.02	-36.00	5	3.30	11	9-Nov	-10.91
DF	PM2.5	CML1079	15.18	0.01	15.22	0.04	34.00	5	3.30	11	10-Nov	10.30
DF	PM2.5	CML1081	15.02	0.02	15.05	0.02	30.00	5	3.30	11	11-Nov	9.09
DF	PM2.5	CML1083	14.64	0.01	14.68	0.02	32.00	5	3.30	11	12-Nov	9.70

Tabela 4- Massa e concentração das partículas finas recolhidas durante o dia no câmpus universitário

ID. LOCAL	ID. PART.	ID. FILTRO	M _i (mg)	ΔM _i (mg)	M _r (mg)	ΔM _r (mg)	M _{PM} (μg)	Q (l/min)	V (m ³)	t(h)	data	[PM ₁₀] (μg/m ³)
DF	PM2.5	CML1052	14.61	-----	14.74	-----	130.00	5	2.10	7	27-Oct	61.90
DF	PM2.5	CML1054	14.26	-----	14.36	-----	100.00	5	3.30	11	28-Oct	30.30
DF	PM2.5	CML1056	14.38	-----	14.46	-----	80.00	5	3.30	11	29-Oct	24.24
DF	PM2.5	CML1058	14.31	0.01	14.32	0.01	12.00	5	3.30	11	30-Oct	3.64
DF	PM2.5	CML1060	14.28	0.02	14.26	0.02	-20.00	5	3.30	11	31-Oct	-6.06
DF	PM2.5	CML1062	14.36	0.02	14.40	0.01	40.00	5	3.30	11	1-Nov	12.12
DF	PM2.5	CML1064	14.24	0.02	14.28	0.05	40.00	5	3.30	11	2-Nov	12.12
DF	PM2.5	CML1066	14.32	0.02	14.37	0.01	50.00	5	3.30	11	3-Nov	15.15
DF	PM2.5	CML1068	14.41	0.01	14.42	0.02	10.00	5	3.30	11	4-Nov	3.03
DF	PM2.5	CML1069	14.19	0.02	14.24	0.02	58.00	5	3.30	11	5-Nov	17.58
DF	PM2.5	CML1071	14.45	0.02	14.50	0.01	50.00	5	3.60	12	6-Nov	13.89
DF	PM2.5	CML1073	14.65	0.02	14.73	0.03	72.00	5	3.30	11	7-Nov	21.82
DF	PM2.5	CML1075	14.61	0.01	14.61	0.01	2.00	5	3.30	11	8-Nov	0.61
DF	PM2.5	CML1076	14.01	0.02	13.97	0.04	-38.00	5	3.30	11	9-Nov	-11.52
DF	PM2.5	CML1078	14.54	0.03	14.55	0.02	12.00	5	3.00	10	10-Nov	4.00
DF	PM2.5	CML1080	14.58	0.01	14.58	0.02	6.00	5	3.30	11	11-Nov	1.82
DF	PM2.5	CML1082	14.68	0.02	14.73	0.01	48.00	5	3.30	11	12-Nov	14.55
DF	PM2.5	CML1084	14.60	0.03	14.64	0.03	38.00	5	3.30	11	13-Nov	11.52

Tabela 5- Massa e concentração das partículas finas e grossas recolhidas durante o dia na baixa da cidade

ID. LOCAL	ID. PART.	ID. FILTRO	M _i (mg)	ΔM _i (mg)	M _f (mg)	ΔM _f (mg)	M _{pm} (μg)	Q (l/min)	V (m ³)	t(h)	Data	[PM ₁] (μg/m ³)
CMCM	PM2.5	CML1026	14.42	0.02	14.44	0.03	16.00	5	3.30	11	8-Nov	4.85
CMCM	PM2.5	CML1028	14.28	-----	14.37	0.01	90.00	5	3.30	11	9-Nov	27.27
CMCM	PM2.5	CML1030	13.79	0.00	13.81	0.01	22.50	5	3.30	11	10-Nov	6.82
CMCM	PM2.5	CML1032	14.19	0.03	14.20	0.03	12.00	5	3.30	11	11-Nov	3.64
CMCM	PM2.5	CML1034	14.26	0.03	14.31	0.03	48.00	5	3.30	11	12-Nov	14.55
CMCM	PM2.5	CML1036	14.22	0.01	14.24	0.02	24.00	5	3.30	11	13-Nov	7.27
CMCM	PM10	CML1038	14.17	0.01	14.23	0.01	64.00	5	6.90	23	14-Nov	9.28
CMCM	PM10	CML1039	14.17	0.01	14.23	0.01	64.00	5	6.90	11	15-Nov	9.28
CMCM	PM10	CML1041	14.25	0.00	14.39	0.01	132.00	5	3.30	11	16-Nov	40.00
CMCM	PM10	CML1043	14.52	0.02	14.58	0.02	58.00	5	3.30	11	17-Nov	17.58

Tabela 6- Massa e concentração das partículas finas e grossas recolhidas durante a noite na baixa da cidade

ID. LOCAL	ID. PART.	ID. FILTRO	M _i (mg)	ΔM _i (mg)	M _f (mg)	ΔM _f (mg)	M _{pm} (μg)	Q (l/min)	V (m ³)	t(h)	Data	[PM ₁] (μg/m ³)
CMCM	PM2.5	CML1025	14.20	0.04	14.19	0.02	-14.00	5	3.30	11	7-Nov	-4.24
CMCM	PM2.5	CML1027	14.20	0.01	14.23	0.03	28.00	5	3.30	11	8-Nov	8.48
CMCM	PM2.5	CML1029	14.09	0.02	14.14	0.04	52.00	5	3.30	11	9-Nov	15.76
CMCM	PM2.5	CML1031	13.98	0.00	14.05	0.01	70.00	5	3.30	11	10-Nov	21.21
CMCM	PM2.5	CML1033	14.58	0.01	14.63	0.03	52.00	5	3.30	11	11-Nov	15.76
CMCM	PM2.5	CML1035	14.05	0.02	14.09	0.02	36.00	5	3.30	11	12-Nov	10.91
CMCM	PM10	CML1037	14.15	0.03	14.24	0.02	90.00	5	3.30	11	13-Nov	27.27
CMCM	PM10	CML1040	14.00	0.01	14.15	0.05	146.00	5	3.60	12	15-Nov	40.56
CMCM	PM10	CML1042	14.56	0.02	14.64	0.02	82.00	5	3.30	11	16-Nov	24.85
CMCM	PM10	CML1044	14.28	0.02	14.39	0.02	108.00	5	3.30	11	17-Nov	32.73

Tabela 7- Massa e concentração das partículas grossas recolhidas durante a noite em Hulene

ID. LOCAL	ID. PART.	ID. FILTRO	M _i (mg)	ΔM _i (mg)	M _f (mg)	ΔM _f (mg)	M _{pm} (μg)	Q (l/min)	V (m ³)	t(h)	data	[PM] (μg/m ³)
LIX	PM2.5	CML1085	14.64	0.03	14.71	0.03	66.00	5	3.30	11	15-Nov	20.00
LIX	PM10	CML1087	14.65	0.02	14.80	0.05	152.00	5	3.30	11	16-Nov	46.06
LIX	PM10	CML1089	14.67	0.04	14.78	0.05	110.00	5	3.30	11	17-Nov	33.33
LIX	PM10	CML1091	14.74	0.02	14.95	0.04	210.00	5	3.30	11	18-Nov	63.64
LIX	PM10	CML1093	14.99	0.01	15.33	0.04	344.00	5	2.70	9	19-Nov	127.41
LIX	PM10	CML1095	15.12	0.02	15.27	0.05	152.00	5	3.30	11	20-Nov	46.06
LIX	PM10	CML1097	14.57	0.02	14.72	0.03	150.00	5	3.30	11	21-Nov	45.45
LIX	PM10	CML1099	14.79	0.01	14.99	0.03	204.00	5	3.30	11	22-Nov	61.82
LIX	PM10	CML1047	14.00	0.02	14.21	0.05	206.00	5	3.30	11	23-Nov	62.42
LIX	PM10	CML1049	14.13	0.01	14.16	0.03	34.00	5	3.30	11	25-Nov	10.30

Tabela 8- Massa e concentração das partículas grossas recolhidas durante o dia em Hulene

ID. LOCAL	ID. PART.	ID. FILTRO	M _i (mg)	ΔM _i (mg)	M _f (mg)	ΔM _f (mg)	M _{pm} (μg)	Q (l/min)	V (m ³)	t(h)	data	[PM] (μg/m ³)
LIX	PM10	CML1086	15.09	0.02	15.42	0.05	324.00	5	3.30	11	16-Nov	98.18
LIX	PM10	CML1088	14.97	0.03	15.30	0.03	328.00	5	3.30	11	17-Nov	99.39
LIX	PM10	CML1090	15.14	0.03	15.36	0.03	220.00	5	3.30	11	18-Nov	66.67
LIX	PM10	CML1092	14.81	0.02	15.12	0.05	316.00	5	3.30	11	19-Nov	95.76
LIX	PM10	CML1094	14.56	0.03	15.00	0.07	440.00	5	3.30	11	20-Nov	133.33
LIX	PM10	CML1096	14.75	0.02	14.86	0.05	104.00	5	3.30	11	21-Nov	31.52
LIX	PM10	CML1098	15.05	0.03	15.30	0.02	242.00	5	3.30	11	22-Nov	73.33
LIX	PM10	CML1100	14.79	0.01	15.01	0.04	218.00	5	3.30	11	23-Nov	66.06
LIX	PM10	CML1048	14.10	0.04	14.17	0.03	68.00	5	3.30	11	24-Nov	20.61

Tabela 9- Dados diários de temperatura, vento e nebulosidade na cidade de Maputo, nos meses de Novembro e Dezembro de 2002 [Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia]

Dia	OUTUBRO				NOVEMBRO			
	t _{méd} (°C)	ff (km/h)	dd (rumos)	Neb (décima)	t _{méd} (°C)	ff (km/h)	dd (rumos)	dd (rumos)
1	--	--	--		20.4	4.0	S	4
2	--	--	--		23.3	7.2	N	8
3	--	--	--		24.4	4.0	SE	3
4	--	--	--		30.3	9.9	N	6
5	--	--	--		21.9	11.5	SW	10
6	--	--	--		15.8	14.8	SW	10
7	--	--	--		18.2	7.7	S	3
8	--	--	--		23.0	8.2	N	3
9	--	--	--		26.8	9.0	N	4
10	--	--	--		21.9	13.4	S	8
11	--	--	--		21.2	11.3	S	5
12	--	--	--		21.6	6.5	NW	10
13	--	--	--		23.8	8.5	N	0
14	--	--	--		22.2	6.6	S	10
15	--	--	--		21.2	--	SW	7
16	--	--	--		24.8	6.9	N	2
17	--	--	--		24.8	7.3	SW	8
18	--	--	--		21.8	--	--	1
19	23.0	--	--	8	23.9	--	--	1
20	20.0	--	--	10	24.9	10.9	N	0
21	24.8	--	--	6	24.4	8.2	S	10
22	24.1	--	--	4	23.8	6.8	SE	4
23	25.3	--	--	0	24.3	6.8	N	8
24	24.5	7.7	--	5	21.2	9.2	SW	10
25	21.4	4.6	--	9	20.5	13.5	SW	1
26	23.1	7.5	--	10	20.8	12.7	SW	9
27	25.1	9.9	--	3	--	--	--	
28	25.0	5.0	--	9	--	--	--	
29	25.0	4.4	--	10	--	--	--	
30	20.9	9.4	--	10	--	--	--	
31	17.1	5.5	--	10				

B- GRÁFICOS

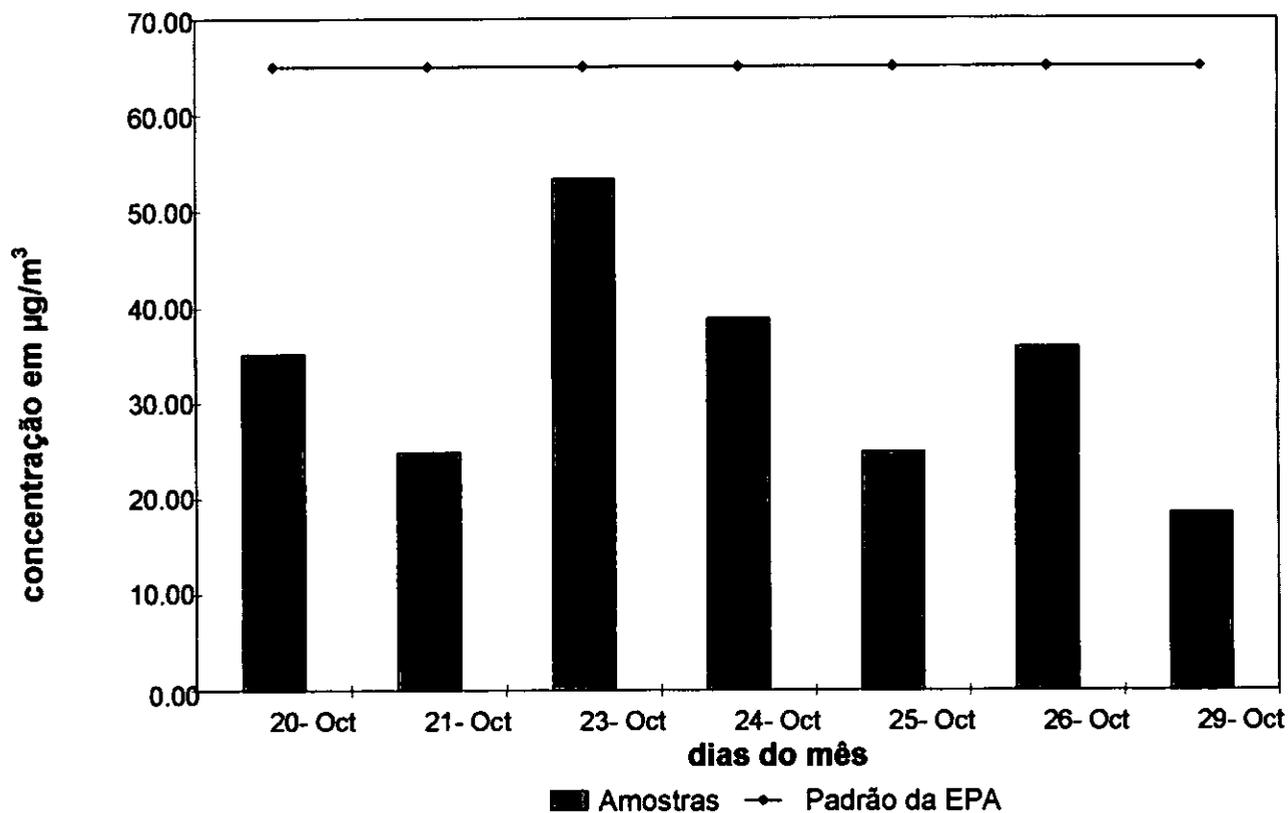


Fig.1- Comparação da concentração das partículas finas em Xipamanine, com o padrão da U.S.EPA

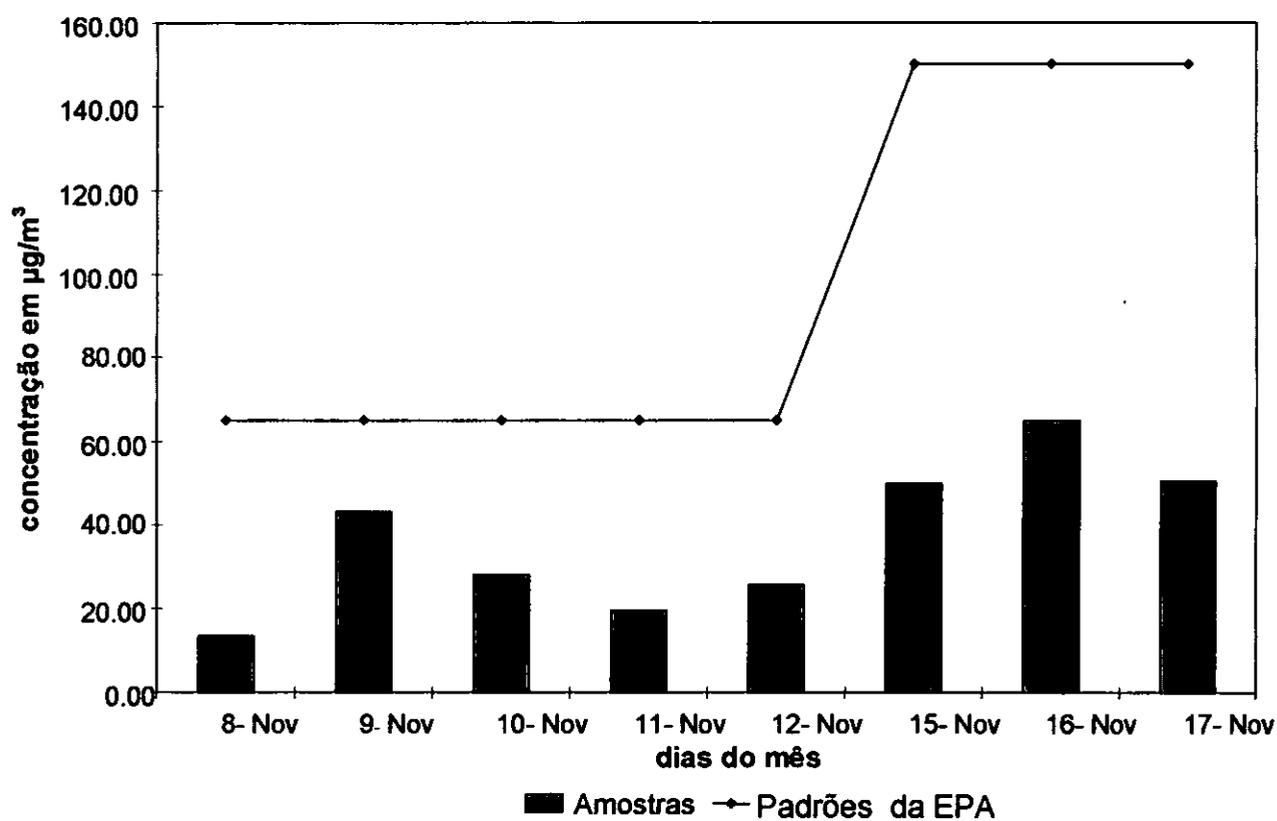


Fig.2- Comparação da concentração das partículas finas e grossas na Baixa da cidade com, o padrões da U.S.EPA

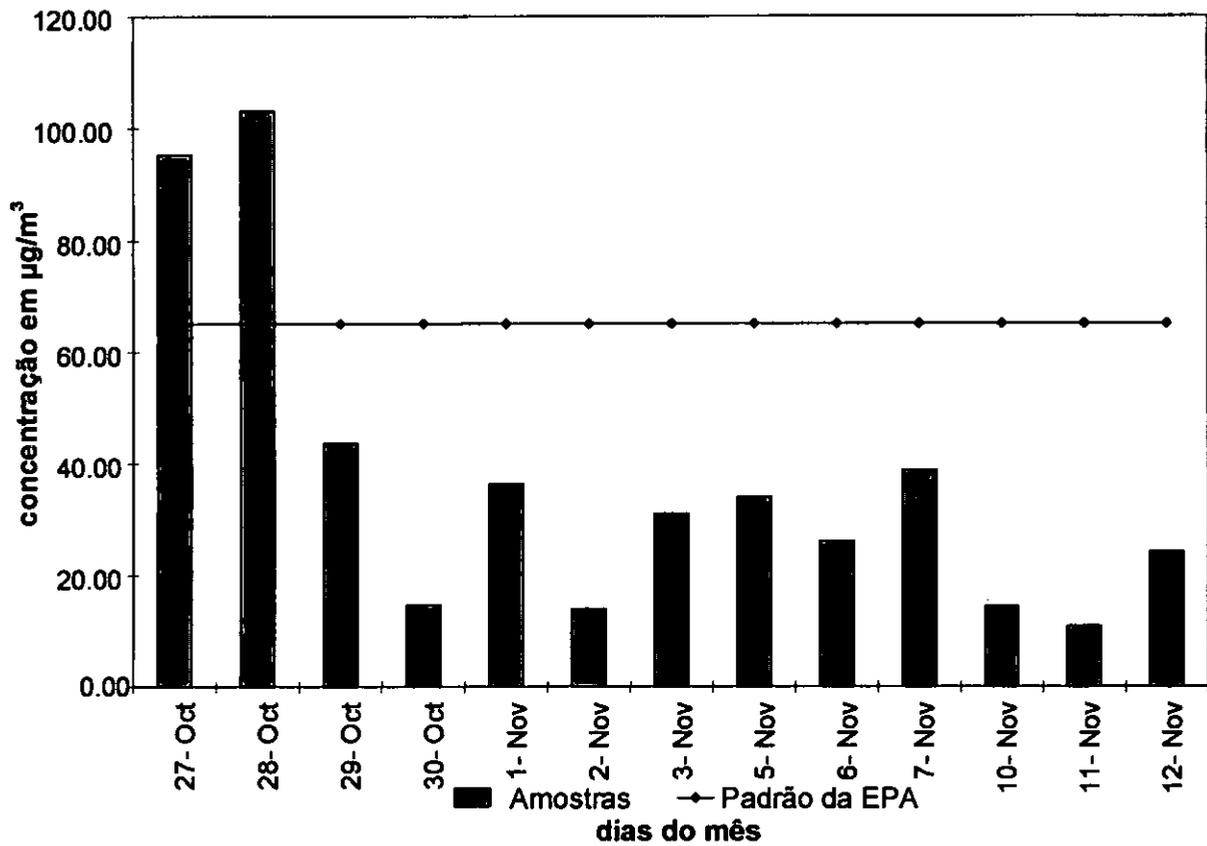


Fig.3- Comparação da concentração das partículas finas no Câmpus Universitário, com o padrão da U.S.EPA

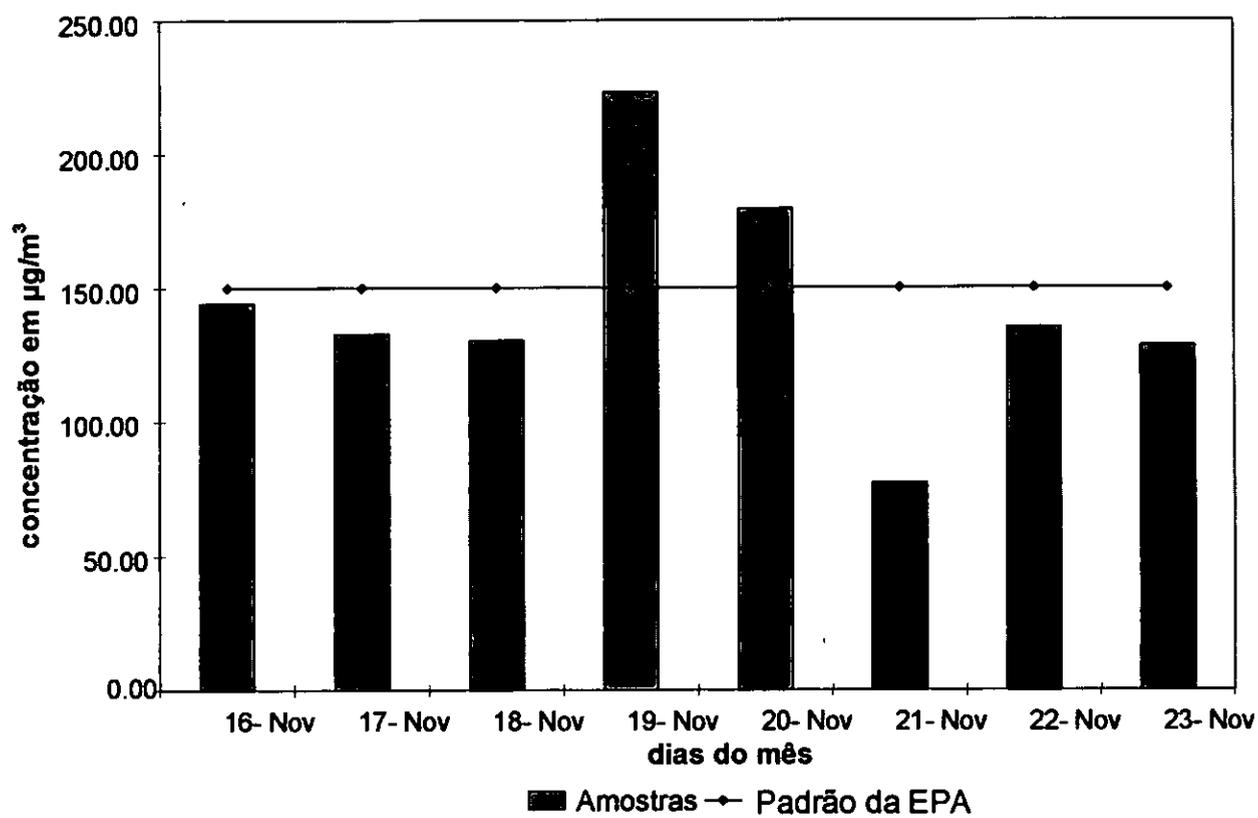


Fig.4- Comparação da concentração das partículas grossas em Hulene, com o padrão da U.S.EPA

C- Algumas Definições

Aerossóis- São substâncias sólidas ou líquidas de tamanho microscópico, em suspensão no ar, sob a forma de partículas.

Altitude- Distância de um ponto da terra ao nível médio do mar.

Condensação- Processo físico pelo qual o vapor se transforma em líquido ou sólido.

Fumaça - São partículas, geralmente mas não obrigatoriamente, sólidas em suspensão no ar, e oriundas da combustão incompleta de materiais orgânicos. As fumaças industriais de importância são formadas por partículas com diâmetros inferiores a meio micrómetro.

Fumos -São partículas sólidas com diâmetro inferior a um micrómetro, formadas pela condensação de vapores de materiais sólidos, geralmente metais, e conseqüentemente solidificação. Normalmente este mecanismo é acompanhado de oxidação. Os fumos são inorgânicos. Exemplo: Fumos de óxidos de chumbo, de zinco, etc.

Infravermelho- Radiação com comprimento de onda entre $0.8\mu\text{m}$ e cerca de $100\mu\text{m}$.

Inversão- Desvio em relação ao decréscimo, ou ao acréscimo, normal em altitude, do valor de uma propriedade atmosférica.

Uma inversão de temperatura na atmosfera significa um aumento da temperatura do ar atmosférico com a altitude.

Neblina - A neblina é constituída de partículas líquidas de pequeníssimas dimensões, em suspensão no ar, originadas de um processo mecânico de subdivisão, como a nebulização.

Poeiras - São pequenas partículas sólidas, com diâmetro de 0,1 a mais de 100 micrómetros, originadas de parcelas maiores, por processos mecânicos de desintegração, ou poeiras naturais como o pólen, esporos, etc. Exemplos: Partículas de rochas, de metais, de cimento, etc. A poeira pode também ser definida como um aerosol de partículas sólidas.

Radiação- Transferência de valor por ondas electromagnéticas. Estas ondas permitem a propagação de energia através do espaço, em contraste com "convecção" e "condução", que requerem meio através do qual o calor seja transferido.

Radiação efectiva- Diferença entre a radiação recebida e a emitida.

Smog- combinação de fumo(smoke) e nevoeiro (fog).