



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

LICENCIATURA EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

TRABALHO DE LICENCIATURA

**“ESTUDO DA QUALIDADE DO AR NUMA COMUNIDADE DO
ENTORNO DA ZONA INDUSTRIAL DO LINGAMO NA CIDADE DA
MATOLA”**

AUTOR:

Matsinhe, Hélio Américo

SUPERVISOR:

Mestre Bento Inácio Cambula

Maputo, Junho de 2024

FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA DO AMBIENTE
TRABALHO DE LICENCIATURA

**“ESTUDO DA QUALIDADE DO AR NUMA COMUNIDADE DO
ENTORNO DA ZONA INDUSTRIAL DO LINGAMO NA CIDADE DA
MATOLA”**

AUTOR:

Matsinhe, Hélio Américo

SUPERVISOR:

Mestre Bento Inácio Cambula

Maputo, Junho de 2024

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DE TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante finalista **Hélio Américo Matsinhe** entregou no dia

___/___/2024 as ___ cópias do relatório do seu trabalho de licenciatura com referência: _____ intitulado:

Estudo da qualidade do ar numa comunidade do entorno da zona industrial do Lingamo na Cidade da Matola.

Maputo, ___ de _____ de 2024

A Chefe da Secretaria

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, **Hélio Américo Matsinhe**, declaro por minha honra que o presente trabalho com o tema “***Estudo da qualidade do ar numa comunidade do entorno da zona industrial do Lingamo na Cidade da Matola***” é integralmente da minha autoria e a informação nele contido é fruto do trabalho de investigação que culminou com observações no campo, análises laboratoriais e pesquisas estando indicados ao longo do texto e nas referências bibliográficas todas fontes utilizadas. Declaro também que este trabalho nunca foi apresentado por outro autor.

Maputo, _____ de 2024

(Hélio Américo Matsinhe)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus Pais, Américo Valente Matsinhe e Luísa Francisco Gota, por terem acreditado e investido na minha educação muito antes de eu saber a importância da mesma.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pelo dom da vida, por muitos milagres que operou em minha vida, aos meus pais, por todo o esforço e sacrifício que fizeram para eu me tornar no que sou hoje.

Agradeço aos meus Irmãos, Reginaldo, Stela, Merciana e Efigénia, desde sempre a vossa presença significou muito para mim.

Agradeço a minha parceira (Delfina Gume) e ao meu filho (Hédel Matsinhe), pela força que tem me dado de continuar a correr atrás dos meus sonhos.

Agradeço ao meu supervisor, MSc. Bento Cambula pela orientação, disponibilidade, incentivo, e pela confiança em mim depositada para execução deste trabalho

Quero também agradecer aos meus colegas, que muito fizeram por mim, tornando esta caminhada um pouco mais leve, são eles: Salomão Nuvunga, Gelito Muqueio, Hélio Nhantumbo, Eugenia Nhampossa, Tomé Maneno, Chilton Manhique, Vanda Macuvele, António Ferrão, Anilza Muriane, Aleid Galaze.

RESUMO

As zonas mais propensas às emissões atmosféricas em uma área urbana, podem ser aquelas que estão ao longo e/ou na vizinhança de zonas industriais e de grandes vias como estradas com intenso tráfego, como é o caso do Bairro da Matola “A”, na cidade da Matola. O presente trabalho tem como objectivo avaliar a qualidade do ar na comunidade da Matola “A”, e aferir os respectivos impactos ambientais na saúde dos residentes. Para a concretização deste objectivo foram seleccionados três pontos e realizadas medições de parâmetros ambientais de referência para a qualidade do ar em zonas urbanas, como são os casos de partículas totais suspensas (PTS), dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de azoto (NO₂) e monóxido de carbono (CO). Foi igualmente realizado um inquérito para avaliar o impacto destes poluentes na saúde da comunidade investigada. Os resultados indicam que as PTS têm uma concentração média de 536.76 µg/m³ em 24h, e 2842.51 µg/m³, 362.53 µg/m³ e 51.77 µg/m³ de média em 1 h para SO₂, CO e NO₂, respectivamente. Confrontando estes resultados com a legislação nacional verificou-se que a concertação ambiente das PTS e do SO₂ está acima dos limites ambientais em vigor no país, enquanto que, apesar de mostrarem uma tendência de contaminação do ar, os níveis ambientais encontrados para o CO e o NO₂ são ainda aceitáveis. Algumas evidências de poluição tais como, casas residenciais empoeiradas, principalmente as coberturas de chapas, sintomas de doenças respiratórias e pulmonares, principalmente, asma, sinusite, gripes foram apontados como principais impactos causados pelas emissões de PTS pelas indústrias e circulação de veículos, principalmente os camiões de carga que são mais frequentes naquela região. Concluiu-se que, os elevados índices de PTS e de SO₂, afectam de forma negativa a qualidade do ar no bairro da Matola “A”, com impacto directo na saúde e o bem-estar da população e outros ecossistemas, uma vez que as suas concentrações estão acima dos limites estabelecidos pela legislação nacional.

Palavras-chave: Indústria, Qualidade do ar, Emissões, Bairro Da Matola “A”.

ABSTRACT

The urban areas most susceptible to atmospheric emissions are often located near industrial zones and major highways with heavy traffic, such as the case of the Matola "A" neighborhood in the city of Matola. This study aims to assess air quality in the Matola "A" community and evaluate its environmental impacts on the health of local residents. To achieve this, three monitoring points were selected, where measurements of key air quality parameters, such as total suspended particles (TSP), sulfur dioxide (SO₂), nitrogen dioxide (NO₂), and carbon monoxide (CO), were conducted. Additionally, a survey was performed to gauge the health effects of these pollutants on the investigated population. The results reveal a mean TSP concentration of 536.76 µg/m³ over 24 hours, and mean concentrations of 2842.51 µg/m³, 362.53 µg/m³, and 51.77 µg/m³ over 1 hour for SO₂, CO, and NO₂, respectively. When compared to national regulations, it was observed that the ambient concentrations of TSP and SO₂ exceed the permissible environmental thresholds, whereas the measured levels of CO and NO₂, although indicative of air contamination, remain within acceptable limits. Notable indicators of pollution, such as dust accumulation on residential buildings particularly metal roofing and the prevalence of respiratory conditions (e.g., asthma, sinusitis, and common colds) were identified as significant health impacts attributable to TSP emissions from industrial sources and vehicle traffic, especially from frequent heavy-duty trucks. It is concluded that elevated levels of TSP and SO₂ are detrimentally affecting air quality in the Matola "A" neighborhood, with direct implications for human health and the local ecosystem, given that their concentrations exceed the thresholds set by national environmental legislation.

Keywords: Industry, Air quality, Emissions, Matola "A" neighborhood.

ÍNDICE

RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. PROBLEMA E JUSTIFICATIVA.....	3
1.2. OBJECTIVOS	4
1.2.1. Objectivo Geral.....	4
1.2.2. Objectivos Específicos.....	4
1.3. Metodologias.....	5
2. REVISÃO DA LITERATURA	6
2.1. Atmosfera.....	6
2.1.1. Funções da Atmosfera.....	7
2.1.2. Poluição atmosférica	8
2.1.3. Fontes de Poluição Atmosférica	9
2.1.4. Poluentes Atmosféricos	14
2.1.5. Principais Poluentes Atmosféricos	14
2.1.7. Escalas do Problema de Poluição do Ar.....	15
2.2. Meteorologia da poluição na troposfera - Factores físicos.....	17
2.2.1. Dinâmica da troposfera.....	17
2.3. Poluição do Ar no Meio Urbano	19
2.4. Impactos da Poluição Atmosférica	21
2.5. Gestão da Poluição do Ar	25
2.5.1. Padrões de Qualidade do Ar.....	25

2.5.2. Padrões de Emissão.....	26
2.5.3. Legislação.....	26
3. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO – MUNICÍPIO DA MATOLA	28
3.1. Bairro da Matola “A”	28
3.2. Meio Biofísico.....	29
4. MÉTODOS E MATERIAIS	30
4.1. Materiais.....	30
4.2. Procedimento para a recolha de dados	32
5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	34
5.1. Medição dos parâmetros ambientais	34
5.1.1. Poeiras	35
5.1.2. Gases	37
5.2. Condições de Dispersão Atmosférica	39
5.3. Proposta de medidas de mitigação	41
6. CONCLUSÃO	42
7. RECOMENDAÇÕES E LIMITAÇÕES	43
7.1. LIMITAÇÕES	43
8. Bibliografia.....	44
APÊNDICE.....	48

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CIM	Companhia Industrial da Matola
COVs	Compostos orgânicos voláteis
CO₂	Dióxido de carbono,
CM	Cimentos de Moçambique
DCV	Doença Cardiovascular
EN2 e EN4	Estradas Nacionais nºs 2 e 4
ETI	<i>ENVIRONNEMENT ET TECHNOLOGIE INTERNACIONAL</i>
IO	Irritação dos Olhos
IN	Irritação do Nariz
IP	Irritação da Pele
MOZAL	<i>MOZAMBIQUE ALUMINOUS</i>
MP	Material particulado
NO_x	Óxido de Nitrogénio
N₂	Nitrogénio do ar
N₂O	Óxido nitroso
OMS	Organização mundial da saúde
ONGs	Organizações não-governamentais
O₂	Oxigénio residual
O₃	Ozónio

PETROMOC	Petróleos de Moçambique
PGUDMK	Plano Geral de Urbanização do Distrito Municipal de KaTembe
PTS	Partículas totais em suspensas
STEMA	Silos e Terminal granuleiro da Matola
SO₂	Dióxido de Enxofre
SO_x	Óxidos de enxofre
TAPM	<i>THE AIR POLLUTION MODEL</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A estrutura vertical da atmosfera	6
Figura 2 - Trafego de camiões na estrada velha (Matola “A”).....	9
Figura 3 - Navio de cargas na zona portuária	10
Figura 4 - Comboio de transporte de carga da CFM atravessando a estrada velha	11
Figura 5 - Emissão de poeiras na terminal de carvão	12
Figura 6 - Incêndio do reservatório do petróleo bruto.....	12
Figura 7 - Incineração a céu aberto.....	13
Figura 8 - Tipos de comportamento de pluma.....	18
Figura 9 - Concentração de Fumaça e SO ₂ em Londres em 1951 e 1952.....	20
Figura 10 - Excesso de mortes em semanas próximas ao <i>London Smog</i>	21
Figura 11 - Causas dos impactos ambientais da actividade industrial	22
Figura 12 - Características dos impactos ambientais da actividade industrial	23
Figura 13 - Tipos de impactos ambientais da actividade industrial	24
Figura 14 - Efeitos ambientais da actividade industrial	25
Figura 15 - Área de estudo no bairro da Matola A	28
Figura 16 - Gás Pro PID – Crowcon.....	30
Figura 17 - Bomba de amostragem.....	31
Figura 18 - Balança Analítica	31
Figura 19 - Medição de gases no Bairro da Matola “A”	32
Figura 20 – Pesagem do filtro contendo partículas	33
Figura 21 - A contribuição de cada poluente nas emissões totais	35
Figura 22 - Variação da concentração das poeiras nos três pontos.....	36
Figura 23 - Concentrações de SO ₂ para os três pontos de medição	37
Figura 24 - Concentrações de NO ₂ para os três pontos de medição	38
Figura 25 - Concentrações de CO para os três pontos de medição.....	38
Figura 26 - Área industrial e portuária da Matola A.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais constituintes gasosos da atmosfera da terra.	7
Tabela 2 - Concentração de gases traços em atmosfera limpa e poluída.....	7
Tabela 3 - Relação entre fontes e seus poluentes característicos	13
Tabela 4 - Efeitos dos Poluentes Atmosféricos	15
Tabela 5 - Valores guias recomendados pela OMS	17
Tabela 6 - Padrões Nacionais de Qualidade de Ar	27
Tabela 7 - A média total de cada poluente nos três pontos	34
Tabela 8 - Massa do filtro antes e depois da recolha das amostras.....	35
Tabela 9 - Concentração das poeiras no Bairro da Matola-A.....	36

1. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento industrial, advindo da revolução industrial na Europa entre os séculos XVIII e XIX, milhares de indústrias, máquinas e equipamentos foram desenvolvidos e introduzidos em áreas urbanas sem qualquer tipo de preocupação ambiental. Apenas depois de algumas décadas, com o avanço de pesquisas sobre a qualidade do ar, e após serem observadas consequências da poluição do ar, começou a surgir a preocupação e a discussão sobre a poluição atmosférica e as suas consequências no ambiente e na saúde humana (GOMES, 2020).

O aumento da concentração de poluentes atmosféricos, em locais urbanos e industrializados, causa significativa deterioração na qualidade do ar e podem ainda representar sérias ameaças à saúde humana. Tais danos são agora claramente observados, especialmente nos países onde a utilização de combustíveis fósseis e as operações das plantas industriais são as principais fontes de poluição. (CETESB, 2008)

Compreender as modificações que as actividades antropogênicas causam ao meio ambiente é de fundamental importância, pois proporciona informações para elaboração e implantação de melhorias, podendo ser realizadas por diversas iniciativas das ONGs, órgãos do governo ou particulares, prevenindo assim consequências inadequadas ao meio ambiente e ao ser humano. (OLIVEIRA & CARDOSO, 2009).

Para garantir uma qualidade do ar aceitável, existem diversos instrumentos de gestão, que são formalizados legislativamente pelos governos responsáveis. As leis que regulam as emissões à atmosfera, podem considerar: padrões de qualidade, inventários das emissões, sistemas de informação, planeamento territorial, modelamentos das emissões, fiscalização, punição e monitoramentos (IEMA, 2014).

Em Moçambique, a indústria desempenha um papel importante na economia do país, através da criação de oportunidades de emprego e da produção de vários bens, reduzindo as dependências externas na importação de diversos produtos. Apesar dos grandes benefícios que advêm das actividades desenvolvidas no sector industrial, os mesmos vem acompanhados de vários impactos ao ambiente, contudo, pode-se

constatar que estes impactos em certos espaços industriais são determinados pela natureza das indústrias instaladas. (PANGUEIA, 2010)

O bairro da Matola “A”, possui um alto potencial de desenvolvimento industrial e do sector de transporte, o que tem resultado na emissão de vários poluentes ao meio ambiente, afectando de forma negativa a qualidade do ar. Em virtude destas características é necessário identificar e avaliar os impactos que a actividade industrial e o sector de transporte podem causar à qualidade do ar na comunidade e particularmente as consequências na saúde dos indivíduos que residem nas proximidades.

1.1. PROBLEMA E JUSTIFICATIVA

A Matola, tem o seu surgimento assente em factores económicos e socioculturais. A localização de proximidade com a cidade de Maputo, a existência de portos e caminhos-de-ferro, a baía do Maputo, e o corredor de ligação à República da África do Sul, propiciaram a implantação de indústrias e o fomento e fixação da população oriunda de todas as regiões do país, com especial destaque dos subúrbios da cidade do Maputo. (MIQUIDADE, 2018)

No bairro da Matola “A”, encontra-se o Parque Industrial do Lingamo, um nicho que concentra diversas indústrias, a movimentação e funcionamento do local fora do período laboral é praticamente nula. Dentre as varias fábricas que lá se encontram, como potenciais fontes emissoras de poluentes atmosféricos, destacam-se as fábricas de cimento (Limak e CM), Olam, Fasorel, Zhong indústria de Ferro, Porto da Matola, onde encontram-se as infra - estruturas da CIM, STEMA, silos de alumina (Terminal da MOZAL), reservatórios de hidrocarbonetos da Petromoc, Terminal de carvão da Matola.

Durante as visitas feitas ao local de estudo, foi possível ver uma grande nuvem de poeiras que saía da zona portuária e se dispersava pelas comunidades vizinhas (Fig. 5), incêndio de um reservatório de petróleo bruto que resultou na emissão de uma grande nuvem de fumaça (Fig. 6), foi também possível ver o tráfego de veículos ao longo da EN4 e da estrada velha, emissão de fumos pelas chaminés e cenários frequentes de inceneração a céu aberto.

De acordo com um estudo realizado no Bairro da Matola “A”, foram identificadas algumas doenças que tem afectado os moradores deste Bairro, onde, verificou-se uma ocorrência de Gripes (24%), Tosses (24%), IO (13%), IN (12%), DCV (7%), Asma (6%), IP (5%), Bronquite (4%), IG (3%), Pneumonia (2%). A incidência destas doenças é apontada ao facto de serem a primeira reacção dos impactos da poluição atmosférica.

Desta forma, o estudo torna-se relevante porque irá contribuir para tomada de decisões assertivas em prol da qualidade do ar, não apenas para a região observada, mas para qualquer situação semelhante aplicável.

1.2. OBJECTIVOS

1.2.1. Objectivo Geral

O presente trabalho tem como objectivo geral avaliar a qualidade do ar na comunidade da Matola “A”.

1.2.2. Objectivos Específicos

- Identificar os componentes poluentes do ar atmosférico na comunidade da Matola “A”;
- Quantificar os componentes poluentes do ar atmosférico na comunidade da Matola “A”;

1.3. Metodologias

- **Vistas de Campo**

Foram realizadas varias visitas de campo, para o reconhecimento da área em estudo, com o objectivo de identificar os possíveis poluentes atmosféricos e através do inquirimento à população do bairro da Matola “A” (veja Apêndice I), verificar os possíveis impactos tendo como base a população afectada pelas emissões das actividades desenvolvidas na zona industrial do Lingamo. As visitas também objectivaram identificar as possíveis fontes emissoras de poluentes para atmosfera.

- **Medições de parâmetros ambientais**

A quantificação dos poluentes do ar foi possível através das medições nesta área residencial do bairro da Matola “A”, onde foram usados equipamentos disponibilizados pelo departamento de Engenharia Química. Foram colhidas amostras das poeiras para análise laboratorial e medições de gases em três pontos seleccionados, conforme indicados na Figura 15. As medições foram feitas em períodos que captassem os períodos seco e húmido (veja o Apêndice III). Para garantir o manuseamento correcto dos equipamentos as medições foram feitas com o acompanhamento da técnica do Laboratório de Engenharia Química.

- **Analises Laboratoriais**

Visto que o procedimento de medição das poeiras exige uma análise laboratorial, os filtros usados para a amostragem foram levados ao Laboratório de Engenharia Química, onde usou-se a balança analítica para fazer-se a pesagem dos filtros com amostras das poeiras, com vista a determinar a massa das partículas, conforme ilustrado na Figura 20.

- **Pesquisa Bibliográfica**

Por meio da pesquisa bibliográfica, foi possível identificar os impactos (doenças) com maior incidência no Bairro da Matola “A”.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Atmosfera

A atmosfera é uma espessa camada de gases contendo líquidos em suspensão e partículas sólidas que envolvem completamente a Terra, e junto com esta, formam um sistema ambiental integrado (KEMP, 1994).

A região mais próxima à superfície da terra é chamada troposfera é a zona na qual ocorrem a maioria dos fenômenos atmosféricos e onde a manifestação dos problemas ambientais globais, têm sua origem e alcança sua maior extensão, devido ao nível de intervenção humana a que está submetida. A camada seguinte, é a estratosfera, é mais seca e contém grandes quantidades de ozônio, tendo uma importância científica grande em função dos processos de absorção e dispersão dos raios solares que ali incidem. Acima da estratosfera estão as regiões mesosfera e termosfera, que influenciam directamente na quantidade e na distribuição espectral da energia solar e nos raios solares cósmicos que alcançam as camadas inferiores. Esta estrutura vertical da atmosfera, sua delimitação em várias camadas sobrepostas, está baseada no perfil de temperatura traçado na medida que se varia a altitude. (PIRES, 2005).

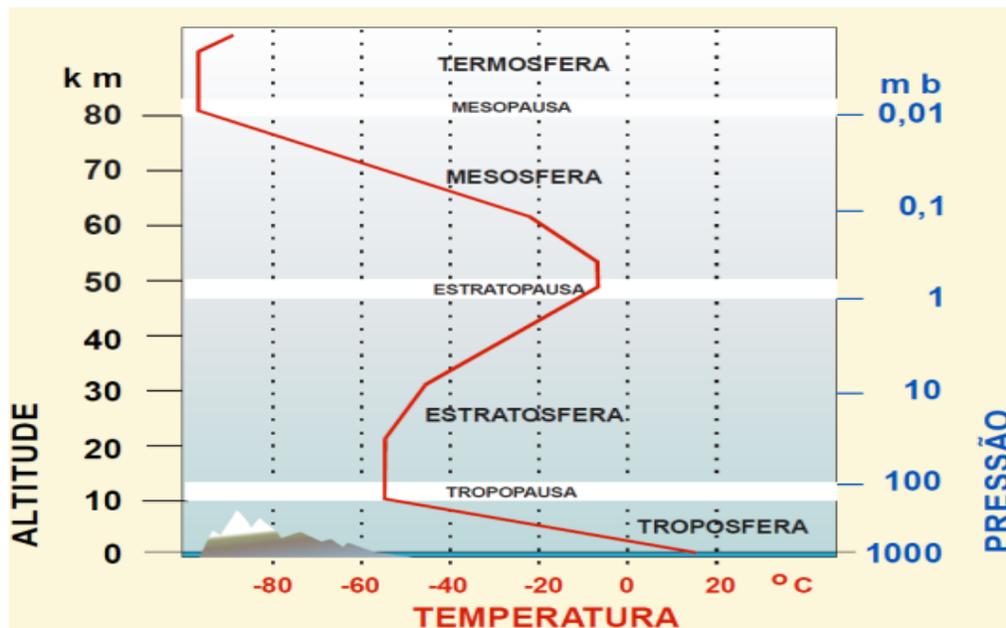


Figura 1 - A estrutura vertical da atmosfera

Fonte: (VAREJÃO-SILVA, 2006)

A composição gasosa da atmosfera é praticamente constante entre os gases majoritários como o nitrogénio (78%), oxigénio (21%) e argónio (0,93%) (De Souza, 2009). Numa ínfima parte da composição dos gases da atmosfera, cerca de 0,07%, estão os chamados gases traços. Alguns desses gases, devido à acção dos meios de produção humana apresentam, principalmente, em regiões urbanas, concentrações em níveis superiores aos encontrados em regiões remotas à influência antropogénica.

Tabela 1 - Principais constituintes gasosos da atmosfera da terra.

Constituinte	Peso Molecular	Concentração
Nitrogénio (N ₂)	28.013	78.08%
Oxigénio (O ₂)	32.000	20.95%
Argónio (Ar)	39.95	0.93%
Vapor de Água (H ₂ O)	18.02	0-5%
Dióxido de carbono (CO ₂)	44.01	380 ppmv
Neónio (Ne)	20.18	18 ppmv
Hélio (He)	4.00	5 ppmv
Metano (CH ₄)	16.04	1.75 ppmv
Criptónio (Kr)	83.80	1 ppmv
Hidrogénio (H ₂)	2.02	0.5 ppmv
Óxido de Nitrogénio (N ₂ O)	56.03	0.3 ppmv
Ozónio (O ₃)	48.00	0-0.1 ppmv

Fonte: (WALLACE & HOBBS, 2006)

Entre os principais gases traços (vapor de água, CO₂, CH₄, NO_x, O₃, cerca de 1% da atmosfera) presentes no meio urbano, e de interesse para os estudos de poluição do ar, estão o CO, NO_x, O₃, hidrocarbonetos e SO₂. A tabela 2 ilustra a concentração desses gases em ambientes de ar limpo e ar contaminado.

Tabela 2 - Concentração de gases traços em atmosfera limpa e poluída

Poluentes	Concentração (ppbv)	
	Ar limpo	Ar contaminado
CO	120	1.000 – 10.000
NO ₂	0.1 – 0.5	50 – 250
NO	0.01 – 0.05	50 – 750
O ₃	20 – 80	100 – 500
SO ₂	1 - 10	20 - 200

Fonte: (WALLACE & HOBBS, 2006)

2.1.1. Funções da Atmosfera

No geral, destacam-se as seguintes funções da atmosfera:

- Proteger a biosfera da radiação ultravioleta proveniente do Sol;

- Fornecer O₂ para manutenção da vida dos seres aeróbicos (macro e microorganismos);
- Proteger a Terra de variações excessivas de temperatura, pela incidência directa dos raios solares;
- Equalizar as temperaturas das camadas mais próximas da superfície terrestre através da dinâmica e movimentação de massas de ar.

2.1.2. Poluição atmosférica

A OMS conceitua a poluição do ar como a presença na atmosfera de um ou mais contaminantes, tais como poeiras, fumos, gases, “nevoeiro”, odor ou vapor, em quantidades ou com características, e de duração tal que possa ser prejudicial à vida humana, animal ou vegetal, a bens ou que interfira desfavoravelmente no confortável desfrute da vida ou dos bens.

A legislação ambiental moçambicana sobre “Padrões de Qualidade Ambiental e de Emissão de Efluentes” regida pelo Decreto nº 18/2004, de 2 de Junho, define a poluição atmosférica como a introdução pelo homem na atmosfera, directa ou indirectamente, de poluentes atmosféricos.

A poluição atmosférica é caracterizada pela presença de poluentes e estes são classificados em dois grandes grupos (LOUREIRO, 2005):

- **Poluentes primários:** emitidos directamente pelas fontes emissoras (CO, SO₂, NO_x). Na baixa atmosfera, estes podem sofrer transformações e reacções fotoquímicas originando poluentes secundários.
- **Poluentes secundários:** resultantes de reacções químicas que ocorrem na atmosfera e entre poluentes primários, como o ozono troposférico (O₃), oriundo de reacções fotoquímicas, que se estabelecem entre os NO_x e os COVs.

Os poluentes primários, depois de emitidos para a atmosfera, são submetidos a processos complexos de transporte, mistura e transformação química, que dão origem a uma distribuição variável das suas concentrações na atmosfera. Estas distribuições dependem das condições de emissão e meteorológicas, podendo alguns poluentes

serem transportados a grandes distâncias antes de atingirem o nível do solo (TUNDO & ZECCHINI, 2007).

2.1.3. Fontes de Poluição Atmosférica

As fontes de poluição do ar na área em estudo, podem ser classificadas em:

I. Fontes Móveis

Meios de transporte que utilizam motores à combustão como força motriz:

- Transporte Rodoviário

A necessidade de locomoção e a evolução populacional tornaram os grandes centros urbanos saturados. O reflexo disso é o impacto no sector de transportes que resulta em congestionamentos, grande consumo de energia, emissão de diversos gases tóxicos. O NO_x, é emitida por veículos que operam movidos a diesel e gasolina. São esses uns dos principais agentes poluentes e causadores de doenças cardíacas e respiratórias. Outro problema enfrentado é o impacto que pode ser causado ao meio ambiente pelo consumo do óleo diesel, que gera a emissão de gases e poluentes, como o CO₂, principal causador do efeito estufa, afectando directamente a saúde humana. (NUNES, FRANÇA, DEVECCHIO, GOMES, & CAMPELLO, 2019).



Figura 2 - Trafego de camiões na estrada velha (Matola “A”)

Fonte: Autor, 2023

- **Transportes Marítimos**

O transporte marítimo é um dos principais utilizadores do mar, constituindo mais de 80% do comércio mundial. Anualmente, mais de 50.000 navios de transporte marítimo transportam no total mais de 10 bilhões de toneladas de cargas essenciais e necessárias incluindo mercadorias, combustível, matérias-primas e bens de consumo. Com efeito, o principal tipo de óleo usado pelos navios é um óleo combustível pesado, obtido a partir de resíduos provenientes da destilação de petróleo bruto, tal composto contém enxofre que, após a combustão no motor, é encontrado nas emissões do navio para a atmosfera. Portanto, limitar as emissões de SOx dos navios melhorará a qualidade do ar e protegerá o meio ambiente. (OMBANDZA, 2020).



Figura 3 - Navio de cargas na zona portuária

Fonte: Autor, 2023

- **Transportes Ferroviários**

O transporte ferroviário é o sistema de transporte sobre trilhos, composto de via-férrea e instalações fixas, material rodante e outros equipamentos necessários para o transporte seguro e eficiente de cargas e passageiros. Sua principal característica é transportar grandes volumes de cargas por médias e longas distâncias, com maior segurança, alta eficiência energética e menor índice de acidentes e furtos. Dentre os impactos causados, podem ser citados os danos ambientais, como a poluição sonora; a poluição do ar, devido à poeira da carga transportada e das cargas que caem nos

trilhos; e vibrações decorrentes da presença da linha férrea, que trazem consequências como danos à estrutura das construções adjacentes aos trilhos (SIMONELLI & AZEVENDO, 2009)



Figura 4 - Comboio de transporte de carga da CFM atravessando a estrada velha

Fonte: Autor, 2023

II. Fontes Fixas

Subdivididas em dois grupos, onde o primeiro abrange actividades pouco significativas nas regiões urbanas, e o segundo é formado de actividades representativas na questão de variedade e intensidade de emissões de poluentes atmosféricos, como os processos industriais:

- **Indústrias**

A actividade industrial tem um papel muito importante para o crescimento económico de um país, mas também, é apontada como uma das actividades que causa mais danos ao meio ambiente, através da emissão de poeiras e gases tóxicos tais como: óxido de enxofre, óxido de nitrogénio, e o monóxido de carbono na atmosfera, gases estes, que interferem negativamente na qualidade e viabilidade do ar.



Figura 5 - Emissão de poeiras na terminal de carvão

Fonte: Autor, 2023

Dentro das fontes industriais, também encontramos alguns incidentes, como o caso do incêndio do reservatório do petróleo bruto, ocorrido no dia 17 de Fevereiro de 2024, na zona industrial do lingamo, no interior do porto da Matola. Como mostra a figura abaixo:



Figura 6 - Incêndio do reservatório do petróleo bruto

Fonte: Autor, 2024

- **Outros**

Neste ponto, destacam-se actividades pouco significativas nas regiões urbanas, como a queima de combustíveis fósseis (petróleo, gás natural e carvão mineral) ou recicláveis (lenha, álcool), incineração a céu aberto e outras actividades não industriais.



Figura 7 - Incineração a céu aberto

Fonte: Autor, 2023

III. Fontes naturais

Processos naturais de emissões de poluentes atmosféricos como aerossóis marinhos, liberação de hidrocarbonetos pela vegetação, incêndios florestais entre outros.

Tabela 3 - Relação entre fontes e seus poluentes característicos

FONTES		POLUENTES
Classificação	Tipo	
Fontes fixas	Combustão	MP
		SO ₂ e SO ₃
		CO
		Hidrocarbonetos e NO _x
	Processo Industrial	MP (fumos, poeiras e névoas)
		Gases: SO ₂ , SO ₃ , CO, HCl e Hidrocarbonetos
		Mercaptans, HF, H ₂ S, NO _x
Queima de Resíduos Sólidos	MP	
	Gases: SO ₂ , SO ₃ , HCl, NO _x	
Outros	Hidrocarbonetos, MP	
Fontes móveis	Veículos Automotores	MP e CO
		NO _x , hidrocarbonetos e SO _x
	Aviões e Barcos	SO _x e NO _x
	Locomotivas	Ácidos orgânicos, hidrocarbonetos e aldeídos
Fontes Naturais		Peiras
		Gases - SO ₂ , SO ₃ , HCl, NO _x , hidrocarbonetos
Reacções Químicas		Poluentes secundários - O ₃ , aldeídos
		Ácidos orgânicos, nitratos orgânicos
		Aerossol fotoquímico,

Fonte: Adaptado de (CETESB, 2002)

2.1.4. Poluentes Atmosféricos

Os poluentes atmosféricos são todas substâncias sólidas, líquidas ou gasosas que afectam prejudicialmente o meio ambiente após mudanças químicas na atmosfera ou pela acção sinérgica com outras substâncias (PIRES, 2005) *apud.* (BRETSCHNEIDER & KURFURST, 1987). Estes poluentes causam prejuízo à composição química da atmosfera com as seguintes consequências:

- Perigo ou prejuízo ao bem-estar das diversas populações que se encontram no meio;
- Danos ao meio ambiente (natural, residencial ou área de trabalho) levando a efeitos sobre a sociedade que podem ou não ser expressos financeiramente;
- Levando a efeitos que conduzam a deterioração do conforto, como a diminuição da visibilidade.

2.1.5. Principais Poluentes Atmosféricos

De acordo com os tipos de fontes identificados na área de estudo, os poluentes mais prováveis de serem emitidos são:

I. Monóxido de Carbono

É um gás incolor e inodoro, venenoso e produto de combustão incompleta. Por isso, a poluição por monóxido de carbono é encontrada, em altos níveis de concentração, em áreas de intensa circulação de veículos nos centros urbanos (IASKIEVICZ, 2011). Este é oriundo de processos naturais e antropogénicos, apresentando grande toxicidade ao ser humano.

II. Dióxido de nitrogénio

Gás de cor castanho alaranjada, altamente tóxico ao ser humano, com odor forte e irritante. Este pode levar a formação da chuva ácida, causando danos à fauna e flora (VESILIND & MORGAN, 2011).

III. Dióxido de Enxofre

É um gás incolor que como o NO_x é precursor da chuva ácida. Pode reagir com outros compostos na atmosfera e formar material particulado. É derivado essencialmente de

grandes fontes estacionárias como as de combustão externa que utilizam carvão ou óleo como combustível (VESILIND & MORGAN, 2011).

IV. Partículas Totais em Suspensão

São as partículas cujo diâmetro é menor que 50 µm, sendo que parte destas partículas é inalável e pode causar problemas à saúde;

2.1.6. Efeitos dos Poluentes Atmosféricos

Tabela 4 - Efeitos dos Poluentes Atmosféricos

Poluentes	Efeitos á Saúde	Outros Possíveis Efeitos	Principais Fontes
MP	Pode adsorver e carrear poluentes tóxicos para as partes profundas do aparelho respiratório e, na presença de SO ₂ , aumenta a incidência e a severidade de doenças respiratórias.	Reduz a visibilidade, suja materiais e construções	Processos industriais, veículos automotores, poeiras naturais, incineração a céu aberto, queima de carvão.
SO₂	Agrava sintomas de doenças cardíacas e pulmonares, aumenta a incidência de doenças respiratórias agudas.	Tóxico para as plantas, estraga pinturas, erosão de estátuas e monumentos, corrói metais, danifica tecidos, diminui a visibilidade, forma chuva acida	Queima de combustíveis em fontes fixas, veículos automotores, fundições, refinarias de petróleos.
NO₂	Altas concentrações podem ser fatais, em concentrações baixas pode aumentar a susceptibilidade a infecções, pode irritar os pulmões, causar bronquite e pneumonia	Tóxico para as plantas, causa redução no crescimento e na fertilidade das sementes quando presente em altas concentrações, causa coloração castanha na atmosfera, participa do <i>smog</i> fotoquímico formando O ₃ .	Veículos automotores e queima de combustíveis em fontes estacionárias, centrais termoeléctricas
CO	Interfere no transporte de oxigénio pelo sangue, diminui reflexos, afecta a discriminação temporal, exposição a longo prazo é suspeita de agravar as doenças vasculares.	Desconhecidos	Veículos automotores e fontes estacionárias

Fonte: (CAVALCANTI P. M., 2003)

2.1.7. Escalas do Problema de Poluição do Ar

Os problemas de poluição atmosférica podem assumir as seguintes dimensões: micro, local, urbana, regional, continental e global (PIRES, 2005):

I. Micro ou Indoor

Limita-se a ambientes fechados como interiores de instalações ou actividades industriais. As emissões oriundas das actividades ficam restritas ao mesmo local da fonte originária ou com alcance desprezível.

II. Local

A fonte e o receptor estão muito próximos um do outro. Assim, a acção da poluição de uma fonte ou um conjunto destas sobre um receptor pode ser identificada sem a necessidade específica de se aplicar um traçador.

III. Área urbana

Onde estão concentradas inúmeras actividades humanas, como as industriais e as de transportes que geram enorme quantidade de poluentes lançados na atmosfera.

IV. Regional

Esta dimensão, é caracterizada pelo arraste de poluentes de áreas poluídas para áreas não poluídas, devido às condições semelhantes nos mecanismos de dispersão favorecidos por factores geomorfológicos, além de condições climatológicas ideais.

V. Continental

O problema da poluição do ar nesta dimensão remete-se ao transporte de poluentes através das fronteiras internacionais. Como ocorre com o transporte de óxidos de enxofre da Gran Bretanha e Alemanha para além das fronteiras das Terras do Norte, da Bélgica e da Escandinávia. (FOX, BOUBEL, TURNER, & STERN, 1984).

VI. Global

A preocupação fundamental é o transporte de poluentes ao redor do globo terrestre, como acontece com o transporte estratosférico de radionuclídeos dos testes de armas nucleares e o transporte de material particulado das erupções vulcânicas, além do transporte de outros poluentes que podem levar a mudanças significativas na atmosfera, como a redução da camada de ozónio e o aumento do efeito estufa, alterando assim o clima do planeta (KEMP, 1994).

2.2. Meteorologia da poluição na troposfera - Factores físicos

2.2.1. Dinâmica da troposfera

I. Qualidade do ar

O ar limpo é uma mistura de gases, contendo: 78% de N; 20,1% de O₂; 0,9% de Ar; 0,03% de CO₂; 0,002% de Ne; 0,0005% de He. Porém, esse ar não se encontra na natureza e serve apenas como referência. (MILLER, 2007).

Quando se trata de qualidade do ar, existem dois níveis, que são a qualidade de ar interna e externa. Interna em espaços fechados, externa em espaços abertos. Segundo dados de 2005 da OMS, pode-se atribuir 2 milhões de mortes prematuras pelos efeitos da poluição do ar em espaços urbanos abertos e em espaços fechados.

Deste modo, a OMS estabelece valores para as concentrações aceitáveis, por unidade do tempo, para 35 poluentes, dos quais, 4 são apresentados na tabela 5. Estes valores podem ser discutidos e os governos locais devem atribuir valor jurídico a eles.

Tabela 5 - Valores guias recomendados pela OMS

POLUENTE	CONCENTRAÇÃO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TEMPO DE AMOSTRAGEM
Dióxido de enxofre	40	24h
	500	10min
Dióxido de nitrogénio	200	1h
	25	24h
	10	Anual
Monóxido de carbono	35000	1h
	10000	8h
	400	24h
PTS	45	24h
	15	Anual

Fonte: (CETESB, 2022)

II. Movimento do ar e transporte de poluentes na atmosfera

O meio principal com que os poluentes atmosféricos são distribuídos no espaço é o vento. Este, não só transporta os poluentes através do ambiente, mas também os dispersa, reduzindo sua concentração à medida que se afasta da fonte emissora. A dispersão está directamente relacionada à estabilidade do ar, ou à quantidade de ar em movimento vertical (VESILIND & MORGAN, 2011).

A precipitação em forma de chuva é outro fenômeno que favorece a dispersão. A chuva acelera a deposição do material particulado e dos gases solúveis em água. A estabilidade tem um papel importante na dispersão dos poluentes, está relacionado à velocidade e à mudança de temperatura com a altitude. A estabilidade pode ser classificada em três (3) tipos: neutra, instável e estável (DAVIS & CORNWELL, 2008).

No caso da chaminé, há consideração para o cálculo da altura e sua localização. Existe uma classificação para os tipos de pluma das chaminés e seu comportamento depende das condições adiabáticas e de inversão. Na figura 8, apresentam-se gradientes adiabáticos e como se comporta a pluma nessas condições (Z = altitude; T = temperatura Γ = gradiente adiabática seca).

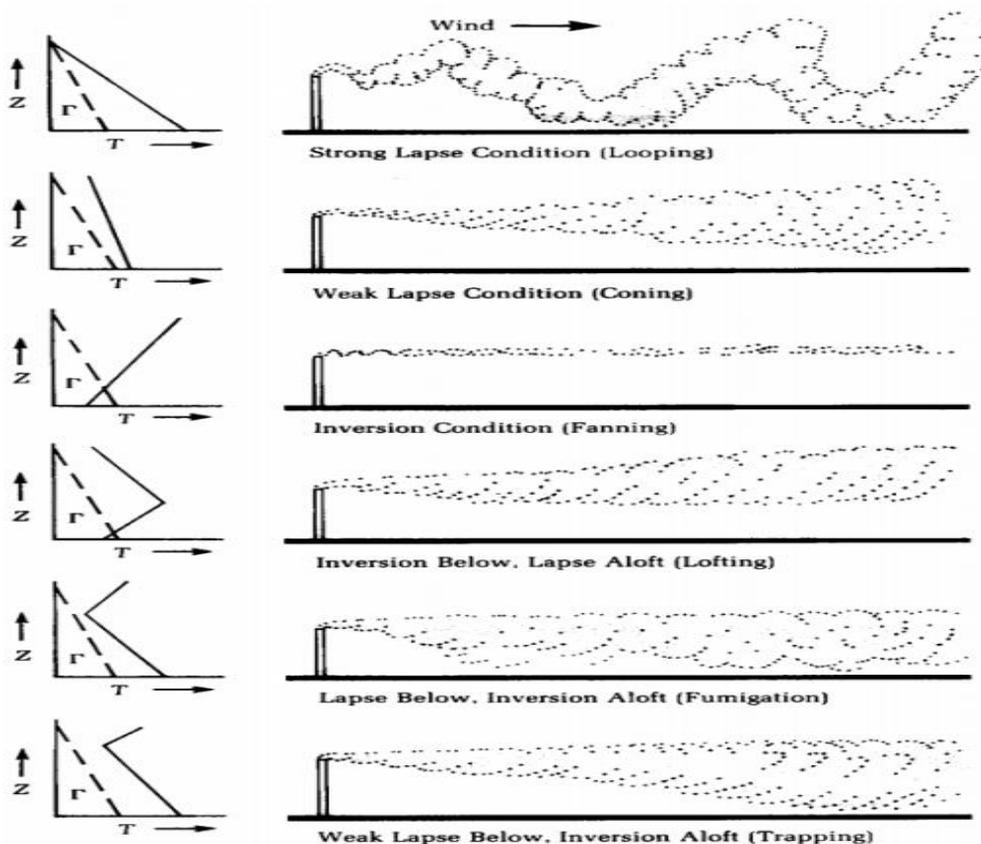


Figura 8 - Tipos de comportamento de pluma.

Fonte: (DAVIS & CORNWELL, 2008)

As ilhas de calor também podem influenciar os níveis de concentração dos poluentes nas cidades. Dependendo da localização das fontes de emissão, as ilhas de calor podem ser favoráveis ou desfavoráveis. Para fontes na superfície, a massa de ar

instável possibilita maior volume de ar para a dispersão dos poluentes, embora seja susceptível de formar *smog*. Por outro lado, em condições estáveis, a pluma da chaminé pode transportar sobre a cidade sem aumentar as concentrações na superfície. (DAVIS & CORNWELL, 2008).

III. Aspectos socioambientais da poluição na troposfera

A relação homem-poluição-homem é uma relação dinâmica e complexa. Os factores sociais podem afectar a qualidade do ar de um lugar, mas esses factores sociais vêm de uma cadeia de acontecimentos além do lugar poluído.

Os primeiros sintomas perceptíveis da poluição atmosférica acontecem nas cidades industrializadas, isto é, nas primeiras cidades onde se acumula e centraliza a produção, dependentes dos processos de combustão. Esta proliferação da dependência do combustível, conseqüentemente, do aumento das emissões, provavelmente originou-se na primeira revolução industrial, uma vez que “a industrialização caracteriza a sociedade moderna” (LEFEBVRE, 2001).

A dinâmica dos poluentes é variável, atribuído aos movimentos do ar os diferentes tamanhos das partículas e as transformações químicas. A responsabilidade da qualidade do ar é tanto da indústria quanto dos consumidores, tanto da cidadania como da governança (no papel de administrador). Assim, desde a perspectiva da poluição do ar urbana, há três actores sociais que disputam essa ‘tragédia dos comuns’: indústria, cidadãos e governo (HARDIN, 1968).

2.3. Poluição do Ar no Meio Urbano

Os primeiros episódios severos de poluição do ar urbano que resultaram na elaboração de normas de controlo surgiram no início do século XIX (WARK, WARNER, & DAVIS, 1998). Em 1819, na Inglaterra, por determinação do parlamento é criada uma comissão especial com a incumbência de avaliar os impactos da fumaça oriunda de motores a vapor e fornos que utilizavam como combustível o carvão. Todavia, em 1956, após a ocorrência de dois episódios com quase 5000 vítimas fatais, foram elaboradas leis específicas (The Clear Air Act) para o controle da qualidade do ar em Londres, onde quatro anos antes a combinação de compostos de enxofre, fumaça e condições

meteorológicas desfavoráveis à dispersão auxiliaram o confinamento de altas concentrações de poluentes sobre a cidade resultando no chamado *London Smog* (GREATER LONDON AUTHORITY, 2002).

O termo *London Smog* é a justa posição de parte das palavras, para fumaça (*smoke*), oriunda de chaminés, e, névoa (*fog*) que, na região urbana de Londres é comum em parte significativa do ano. A ocorrência desta última, quase sempre acompanhada da presença de inversões térmicas impede uma melhor dispersão dos poluentes e, em destaque, o episódio de 1952 contou com acção prolongada por dias, o que permitiu elevadas concentrações de gases tóxicos na região urbana de Londres (GREATER LONDON AUTHORITY, 2002).

As figuras 9 e 10 ilustram as concentrações registadas pela estação de monitoramento da cidade e, o excesso de mortes nos dias que se seguiram à grande névoa poluente. As curvas ilustram a relação entre a presença da intensa fumaça de 1952 e o pico no excedente de mortes referentes ao mesmo período, o que, é confirmado pela ausência do fenómeno em 1951, acompanhada da normalidade do número de óbitos registados.

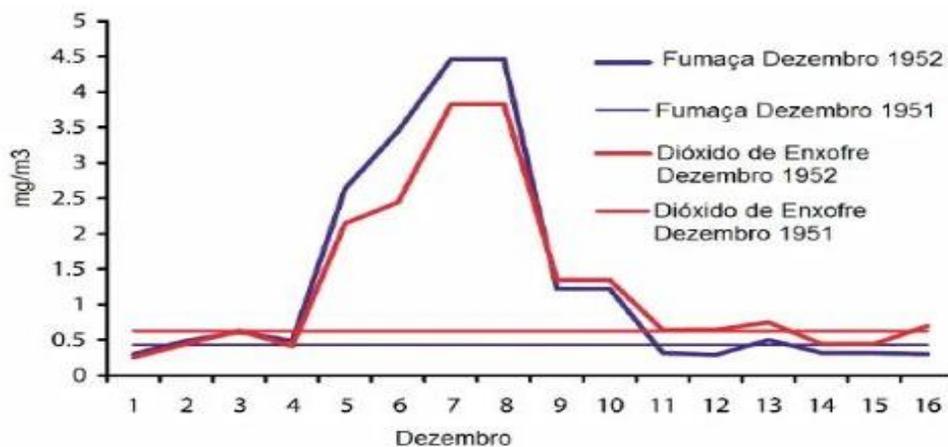


Figura 9 - Concentração de Fumaça e SO₂ em Londres em 1951 e 1952.

Fonte: (GREATER LONDON AUTHORITY, 2002)



Figura 10 - Excesso de mortes em semanas próximas ao *London Smog*.

Fonte: (GREATER LONDON AUTORITÄY, 2002)

2.4. Impactos da Poluição Atmosférica

Os efeitos dos poluentes atmosféricos sobre as características normais da atmosfera vão desde a diminuição da visibilidade, escala local, passando pelos problemas de deposição ácida em nível regional e continental, até os efeitos globais como aumento do efeito estufa e a redução da camada de ozônio, discutidos a seguir:

I. Deposição Ácida

A emissão de gases poluentes pelas actividades antrópicas (queima de combustíveis fósseis), principalmente os SO_x e os NO_x, leva à posterior deposição destes poluentes ácidos sobre os ecossistemas. A deposição ácida é a combinação da deposição seca e húmida (chuva ácida) (RIBEIRO, COSTA, DAVID, REAL, & D'AGOSTO, 2000).

Os principais efeitos nocivos da chuva ácida são (MEDEIROS, 2003):

- Acidificação de sistemas aquáticos (principalmente lagos), do solo e de florestas com consequentes prejuízos para as formas de vida que ali habitam;
- Deterioração de materiais, estruturas e monumentos históricos pela intensificação da corrosão.

II. Efeito Estufa

Este efeito natural contribuiu para manter a temperatura média do planeta em torno dos 15°C, possibilitando a existência de vida. É um fenómeno onde a radiação

infravermelha reflectida pela superfície terrestre é retida por alguns gases presentes na atmosfera. Os principais gases causadores deste efeito são: CO₂, CH₄, N₂O e CFC's (IPCC, 2001).

O aumento da concentração destes gases na atmosfera, em função dos processos de queima de combustíveis fósseis e do desflorestamento, causa uma maior retenção das radiações infravermelhas, levando a um incremento na temperatura do planeta (RIBEIRO, COSTA, DAVID, REAL, & D'AGOSTO, 2000).

As principais consequências do aumento do efeito estufa são:

- Elevação do nível do mar;
- Alteração no suprimento da água doce;
- Mudanças climáticas;
- Alteração no processo de desertificação;
- Redução da Camada de Ozônio.

III. Causas dos impactos ambientais da actividade industrial

As principais causas da degradação ambiental estão associadas a três factores básicos: exploração excessiva dos recursos ambientais, emissão de agentes contaminantes e as mudanças nas formas de uso e ocupação do solo (Figura 11). No primeiro caso, alguns autores denominam como crise ambiental com seu viés de insustentabilidade, no qual não é passível a reposição dos recursos naturais ao longo do tempo. O segundo caso está directamente associado à utilização de substâncias tóxicas e perigosas em vários níveis. E por último, no caso do uso do solo, as mudanças na organização do espaço também podem causar impactos ambientais, territoriais e paisagísticos (MÉNDEZ & BARROSO, 1996).

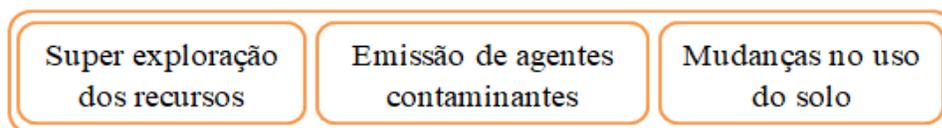


Figura 11 - Causas dos impactos ambientais da actividade industrial

Fonte: (VILAR, 2011)

IV. Características dos impactos ambientais da actividade industrial

As características dos impactos gerados no espaço urbano pela actividade industrial, podem ser agrupadas em três grandes conjuntos (VILAR, 2011):

- **Gerais:** Correspondem às causas gerais da degradação Ambiental, e como exemplo, destaca-se aquelas tipificadas pela origem, magnitude e possibilidade de recuperação da área de influência directa e indirecta do espaço industrial.
- **Temporais:** Outra característica chave para entender a degradação ambiental urbana é a dimensão histórica do fenómeno industrial, principalmente em sua possibilidade de prognóstico e de velocidade de propagação.
- **Espaciais:** Além da velha localização e distribuição geográfica dos fenómenos adversos e benéficos da indústria, o conjunto da configuração espacial dos impactos no meio ambiente e na paisagem assume uma dimensão central, com grande aceitação entre os cientistas sociais e no âmbito do planeamento territorial.

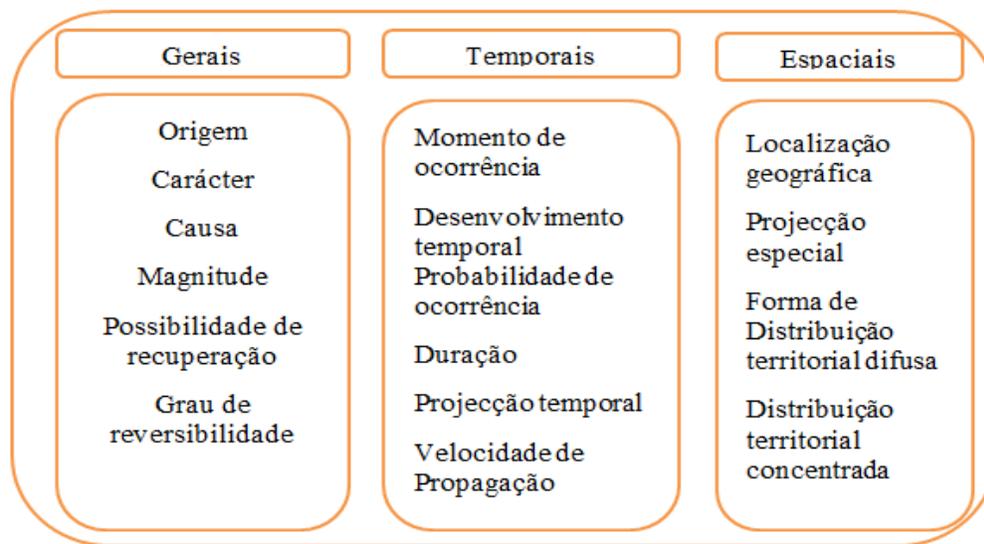


Figura 12 - Características dos impactos ambientais da actividade industrial

Fonte: (VILAR, 2011)

Para analisar as diferenças existentes entre as tipologias industriais segundo seus efeitos negativos é válida a classificação que distingue as actividades pelo seu nível de

perigo e pelo seu meio geográfico. Nesse sentido, quatro grupos de impactos ambientais urbano-industriais podem ser considerados (VILAR, 2011):

- a) **Incómodos** – Correspondem aos ruídos, aos odores desagradáveis e aos poluentes atmosféricos em geral;
- b) **Insalubres** – São aqueles que afectam negativamente a saúde humana, podendo gerar problemas graves;
- c) **Nocivos** – Ocasionalmente danos ao território e ao meio ambiente. Embora amplo esse grupo de impactos ambientais urbano-industriais pode gerar problemas os mais variados para a vida saudável na cidade;
- d) **Muito perigosos** - Correspondem àqueles impactos que são susceptíveis de gerar riscos graves para as pessoas e para o património da cidade.



Figura 13 - Tipos de impactos ambientais da actividade industrial

Fonte: (VILAR, 2011)

V. Os efeitos ambientais da actividade industrial

A tipologia dos efeitos ambientais no espaço industrial é variada e inclui pelo menos três categorias ou tipos (VILAR, 2011):

- a) **Impactos ecológicos:** Quanto a esse tipo de impacto é necessário distinguir aqueles provocados no meio físico (alteração de processos atmosféricos, hidrológicos e geomorfológicos), no meio biótico (afectam a flora e a fauna e modificam os processos biogeográficos) e no meio antrópico (problemas aos seres humanos).
- b) **Impactos visuais na paisagem:** definidos como a expressão territorial ou como a materialidade do meio geográfico. Nas paisagens urbanas dominam os elementos antrópicos sobre os bióticos e os abióticos, e a energia humana predomina sobre a energia natural (BOLÓS I CAPDEVILA, 1992).
- c) **Os impactos socioeconómicos:** correspondem às inter-relações dos elementos componentes do sistema de infra-estrutura territorial, do sistema

social e demográfico, do sistema económico e do sistema cultural. A construção desordenada e o fluxo contínuo e caótico de veículos são exemplos representativos de impactos humanos no território.

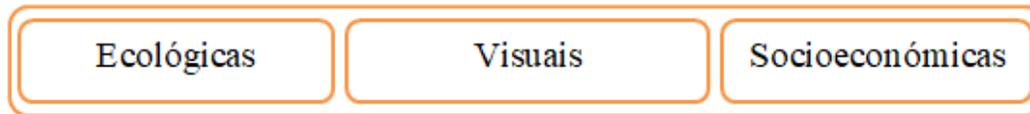


Figura 14 - Efeitos ambientais da actividade industrial

Fonte: (VILAR, 2011)

2.5. Gestão da Poluição do Ar

O objectivo do controle da poluição do ar é preservar a saúde e o bem-estar do homem, no presente e no futuro. (STEWART, 1979); (FOX, BOUBEL, TURNER, & STERN, 1984).

O controlo da poluição atmosférica consiste principalmente na redução das emissões de poluentes primários para a atmosfera por estes serem causadores originais de efeitos adversos e os precursores dos poluentes secundários formados a partir de reacções químicas.

A abordagem do problema do controle da poluição atmosférica considera dois aspectos fundamentais: o estratégico e o tático (FOX, BOUBEL, TURNER, & STERN, 1984). O primeiro consiste no desenvolvimento de estratégias de longo prazo para a evolução dos níveis de poluição em todas as escalas em que o problema da poluição surgir, desde a escala local até a escala global. O objectivo pode ser o estabelecimento de metas de melhorias da qualidade do ar de uma região a curto ou longo prazo. É classificado como tático porque enfatiza um episódio de poluição.

2.5.1. Padrões de Qualidade do Ar

Padrão de qualidade do ar é um nível de referência estabelecido legalmente através de um limite máximo para a concentração de um componente atmosférico que assegure a saúde e o bem-estar das pessoas.

Os padrões da qualidade do ar, podem ser definidos em dois tipos (EPA, 1997):

- Padrões primários: definem concentrações de poluentes que protegem exclusivamente a saúde da população;
- Padrões secundários: definem as concentrações de poluentes que protegem o bem-estar da população, a fauna a flora e o meio ambiente em geral.

2.5.2. Padrões de Emissão

Padrão de emissão é um limite da qualidade ou concentração de um poluente, estabelecido legalmente, emitido por uma fonte (FOX, BOUBEL, TURNER, & STERN, 1984). Qualificam o nível máximo de emissão de um determinado poluente na fonte. Os padrões de emissão são determinados a partir dos padrões de qualidade do ar e de considerações sobre o processo, o equipamento e o combustível. Algumas vezes reflectem considerações económicas, sociais e políticas em adição às tecnológicas.

2.5.3. Legislação

Os padrões e parâmetros de emissões de efluentes são definidos em Decretos e Regulamentos a níveis nacionais e internacionais, contudo, neste relatório faz-se menção da Legislação moçambicana e da OMS, onde estão definidos padrões e parâmetros para emissão de efluentes e, no caso da qualidade do ar, existe o Regulamento Sobre Padrões de Qualidade Ambiental e de Emissão de Efluentes, encontrado no Decreto n.º 18/2004 de 2 de Junho, que tem como objectivo, o estabelecimento dos padrões de qualidade ambiental e de emissão de efluentes, visando o controlo e manutenção dos níveis admissíveis de concentração de poluentes nos componentes ambientais.

De acordo com o regulamento acima citado, a qualidade do ar para que este mantenha a sua capacidade de autodepuração e não tenha impacto negativo significativo para a saúde pública e no equilíbrio ecológico, deverá obedecer os padrões indicados na Tabela 6:

Tabela 6 - Padrões Nacionais de Qualidade de Ar

Parâmetros ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tempo de amostragem			
	1h	8h	24h	Média aritmética anual
SO ₂	800	N/A	365	80
NO ₂	400	N/A	200	100
CO	40000	10000	N/A	N/A
PTS	N/A	N/A	200	N/A

N/A – Não aplicável (o decreto não estabelece).

Fonte: Decreto n.º 18/2004 de 2 de Junho

3. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO – MUNICÍPIO DA MATOLA

Matola é uma cidade importante no contexto histórico, industrial e em relação a sua localização geográfica no sul de Moçambique, é a cidade com o maior parque industrial do país.

O município da Matola, capital da província de Maputo, faz fronteira com os distritos de Marracuene a norte, Moamba a noroeste, Boane a sul e sudoeste, e cidade de Maputo a sudeste. Tem uma área total de 372 quilómetros quadrados e cerca de 1 032 197 habitantes, segundo o senso geral da população de 2017, dos quais 495 259 são homens e 536 938 são mulheres.

3.1. Bairro da Matola “A”

O Bairro da Matola “A”, localiza-se a Sul da EN2 e EN4. A sua extensão é compreendida desde a ponte sobre o rio Matola até a portagem de Maputo.

Faz fronteira a Norte da EN4 com os bairros da Matola F, Fomento e Trevo, a Sul e Este com o estuário de Maputo e a Noroeste da EN2 com o bairro da Matola C.

Na figura abaixo é apresentada a área de estudo e estão descritos os pontos onde serão feitas as recolhas de dados.

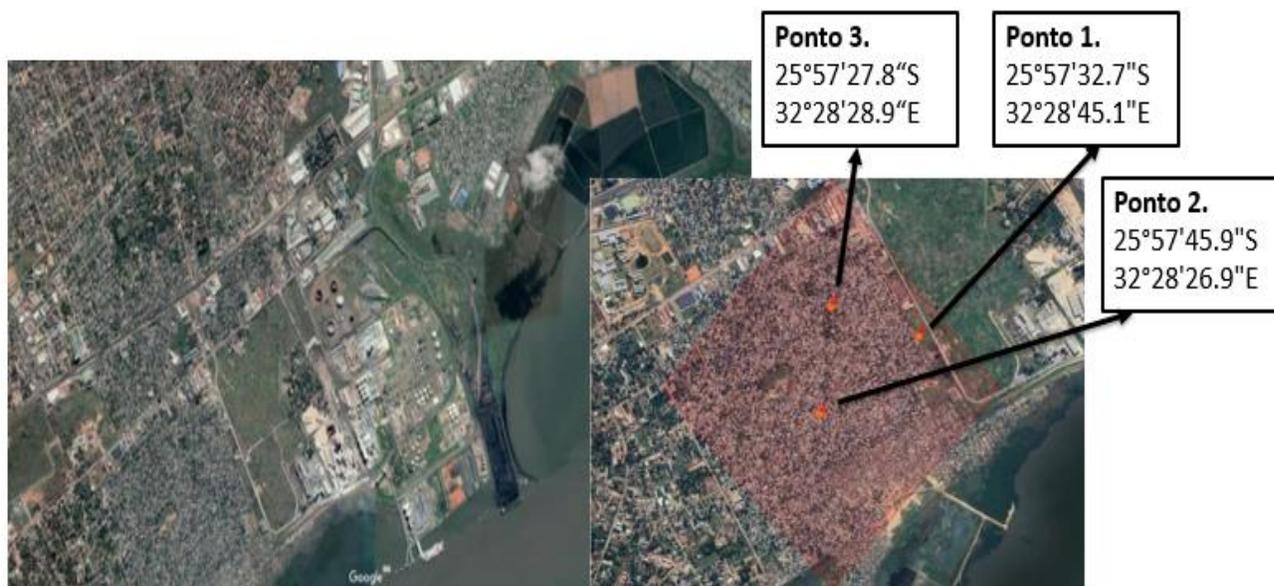


Figura 15 - Área de estudo no bairro da Matola A

Fonte: Imagem retirada pelo autor a partir da plataforma Google Earth

3.2. Meio Biofísico

3.2.1. Clima

O clima da área de Estudo é do tipo tropical húmido à sub-húmido, com a precipitação distribuída ao longo do ano, sendo típica durante a passagem das depressões. A média de precipitação anual anda a volta dos 800 mm. A precipitação máxima ocorre durante os meses de Novembro e Março, sendo de 50% da precipitação anual correspondente aos meses de Novembro a Fevereiro. A precipitação mais baixa observa-se entre Junho e Julho, contribuindo com apenas 2% da precipitação total anual. (CHAMBAL, MAHUNDLA, & MUNGOI, 2006).

Nos anos 2014 e 2015, as temperaturas médias máximas mensais para a Província de Maputo registaram-se entre os meses de Dezembro e Março, com média superior a 25° C. As temperaturas médias mínimas mensais, cerca de 20° C, assinalaram-se nos meses de Junho e Julho. O pico de temperatura regista-se no mês de Fevereiro, onde a temperatura média mensal foi de, aproximadamente, 30° C. Estes resultados são consistentes com os valores para o período 2001-2010 para a mesma estação, que, contudo, referem um valor médio mensal máximo, em Fevereiro, relativamente mais baixo, 28°C. (ÁFRICA, 2017).

3.2.2. Características Socioeconómicas

Uma parte da população local, tem como principal fonte de auto-sustento a prática agrícola, principalmente de sequeiro, tendo como principais culturas as hortícolas, milho, mandioca, feijão nhemba e algumas árvores fruteiras como cajueiro e na criação de animais de pequenas espécies (aves, cabritos e gado bovino em pequena escala).

De acordo com os entrevistados, alguns moradores deste bairro principalmente os novos têm-se beneficiado do emprego nas indústrias locais, com excepção dos nativos, devido ao baixo nível de escolaridade pois a actividade industrial exige uma especialização.

4. MÉTODOS E MATERIAIS

Este capítulo é dedicado aos materiais e às etapas metodológicas empregues para o alcance dos objectivos.

4.1. Materiais

Para medição de parâmetros ambientais, foram usados os seguintes equipamentos:

- **Gás Pro PID – Crowcon**

O Gás-Pro é um monitor portátil capaz de detectar até 5 gases e dotado de bomba interna (opcional). O Gas-Pro possui certificação para uso em áreas classificadas e, além de possuir alarmes sonoros e visuais de fácil percepção, conta ainda com alarme por vibração. A tela, localizada na parte superior, possui iluminação para facilitar o uso e o comando, por um único botão facilita e agiliza o treinamento dos usuários. O seu princípio de funcionamento esta descrito no Apêndice II.



Figura 16 - Gás Pro PID – Crowcon

Fonte: Crowcon, 2018

- **Bomba de amostragem**

A bomba de amostragem é um instrumento pelo qual, mede-se a quantidade de partículas numa determinada área, este instrumento tem um caudal de 2300 ml/min, o que equivale a capacidade de respiração de um individuo adulto e saudável. O seu principio de funcionamento esta descrito no Apêndice II.



Figura 17 - Bomba de amostragem

Fonte: Autor, 2023

- **Balança Analítica**

Para a medição do peso das poeiras empregou-se a balança, por ser um instrumento muito sensível e por ter uma sensibilidade de aproximadamente 0,1 mg. O seu princípio de funcionamento esta descrito no Apêndice II.



Figura 18 - Balança Analítica

Fonte: Autor, 2023

4.2. Procedimento para a recolha de dados

Para a recolha das amostras das poeiras e medição dos gases na área de estudo, foram instalados os equipamentos nos três pontos, seleccionados de acordo com a direcção do vento, densidade populacional e de acordo com as reclamações apresentadas no processo de entrevistas, as coordenadas geográficas destes pontos são indicadas no Apêndice IV, e a época em que foram feitas as medições são indicados no Apêndice III. Esta recolha de dados, foi feita com a assistência técnico de uma técnica especializada em análises laboratoriais da engenharia química.

Para os gases, as medições foram feitas a uma altura de aproximadamente 2 metro, foi possível fazer a leitura dos valores no local, pois o equipamento usado apresentava os valores da concentração dos gases ao longo do tempo em que se realizavam as medições. Como mostram as figuras abaixo.



Figura 19 - Medição de gases no Bairro da Matola “A”

Fonte: Autor, 2023

Para o caso das poeiras, a sucussão das partículas sólidas em suspensão foi feita a uma altura de aproximadamente 1 metro, com a bomba de amostragem, foi possível fazer a recolha da amostra das poeiras em filtros, a duração da recolha foi de 3h em cada ponto, após fazer-se a recolha das amostras na área de estudo, as pesagens foram feitas no laboratório de engenharia química, usando a balança analítica, como mostra a Figura 20.

Feitas as pesagens dos filtros contendo as amostras colhidas, calculou-se a variação da massa do filtro antes e depois da recolha das amostras (Tabela 8). Com os resultados obtidos, calculou-se a concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para cada valor da massa do filtro com base na equação abaixo:

$$C = \frac{\Delta m}{Q \cdot \Delta t} \quad (1)$$

Onde:

Δm – Variação da massa (μg);

Q – Caudal da bomba (2300 ml/min);

Δt – Variação do tempo (minutos).



Figura 20 – Pesagem do filtro contendo partículas

Fonte: Autor, 2023

5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão discutidos os resultados das medições de gases e das poeiras no local de estudo a fim de compará-los com os valores estabelecidos no Decreto nº. 18/2004 de 2 de Junho e pela OMS.

Os valores obtidos durante a recolha e medição dos poluentes atmosféricos de qualidade do ar no entorno da zona industrial do Lingamo, estabelecem um diagnóstico da situação atmosférica em que se encontra a área, constituindo assim, a linha de base essencial para qualquer programa de gerenciamento da poluição atmosférica que venha a ser implantado.

5.1. Medição dos parâmetros ambientais

De acordo com os valores das concentrações obtidos, revelam que o principal poluente emitido é o SO₂, cuja concentração média nos três pontos é de 2842.51 µg/m³, em seguida o poluente que se destaca com 536.76 µg/m³ são as PTS, superando assim o valor estabelecido pela legislação, em seguida temos o CO com 362.53 µg/m³, este apesar de ser o terceiro mais emitido, esta muito abaixo do valor estabelecido pela legislação e por fim tem-se o NO₂, cujo contributo é de 51.77 µg/m³, este, também esta dentro dos padrões estabelecidos pela legislação.

Tabela 7 - A média total de cada poluente nos três pontos

Parâmetros	Tempo de Amostragem (1 h)			Média (µg/m ³) dos valores nos três pontos
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	
CO	69.55	1011.74	6.32	362.53
SO ₂	2905.14	2803.98	2818.42	2842.51
NO ₂	51.77	41.42	62.12	51.77
PTS	Tempo de Amostragem (3 h)			
	724.63	402.57	483.08	536.76

Fonte: Autor (2024)

Expressando esses valores em termos percentuais teremos:

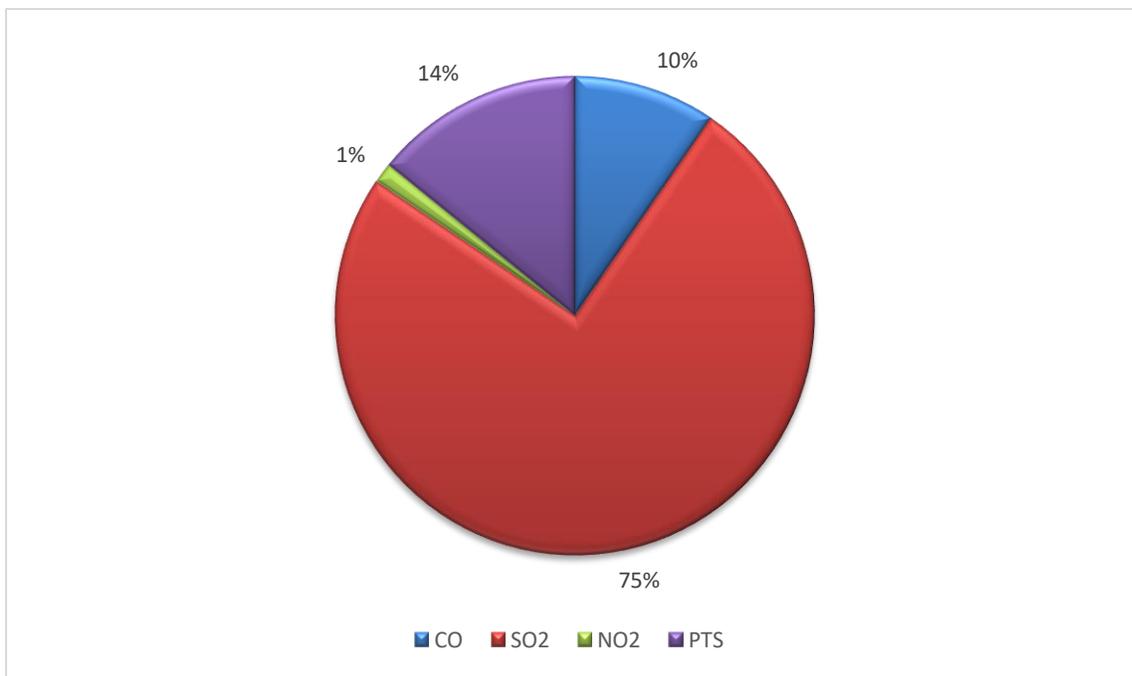


Figura 21 - A contribuição de cada poluente nas emissões totais

Fonte: Autor (2024)

5.1.1. Poeiras

Os valores obtidos na medição das poeiras encontram-se na tabela abaixo:

Tabela 8 - Massa do filtro antes e depois da recolha das amostras

		Massa do filtro (g)	Massa do filtro com partículas (g)
Ponto 1	1º dia	0.0453	0.0457
	2º dia	0.0437	0.0438
	3º dia	0.0437	0.0441
Ponto 2	1º dia	0.0454	0.0455
	2º dia	0.0439	0.0440
	3º dia	0.0447	0.0450
Ponto 3	1º dia	0.0457	0.0460
	2º dia	0.0434	0.0435
	3º dia	0.0444	0.0446

Fonte: Autor (2023)

Os cálculos baseados na equação 1, permitiram determinar a concentração de PTS nos três pontos, resultando nos valores apresentados na tabela 9:

Tabela 9 - Concentração das poeiras no Bairro da Matola-A

Dias	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
1º dia	966.18	241.54	724.63
2º dia	241.54	241.54	241.54
3º dia	966.18	724.63	483.09

Fonte: Autor (2023)

Para o primeiro dia: As concentrações de PTS encontradas nos três pontos estão acima dos valores estabelecidos pelos decretos em referência, com maior destaque para os pontos 1 e 3;

Para o segundo dia: Para o segundo dia, as concentrações dos três pontos apesar de serem as mais baixas, continuam acima dos valores estabelecidos pelos decretos em referência;

Para o terceiro dia: Para este dia, foram encontradas concentrações elevadas nos três pontos, onde a mínima concentração encontrada é o dobro do valor estabelecido pela legislação Moçambicana.

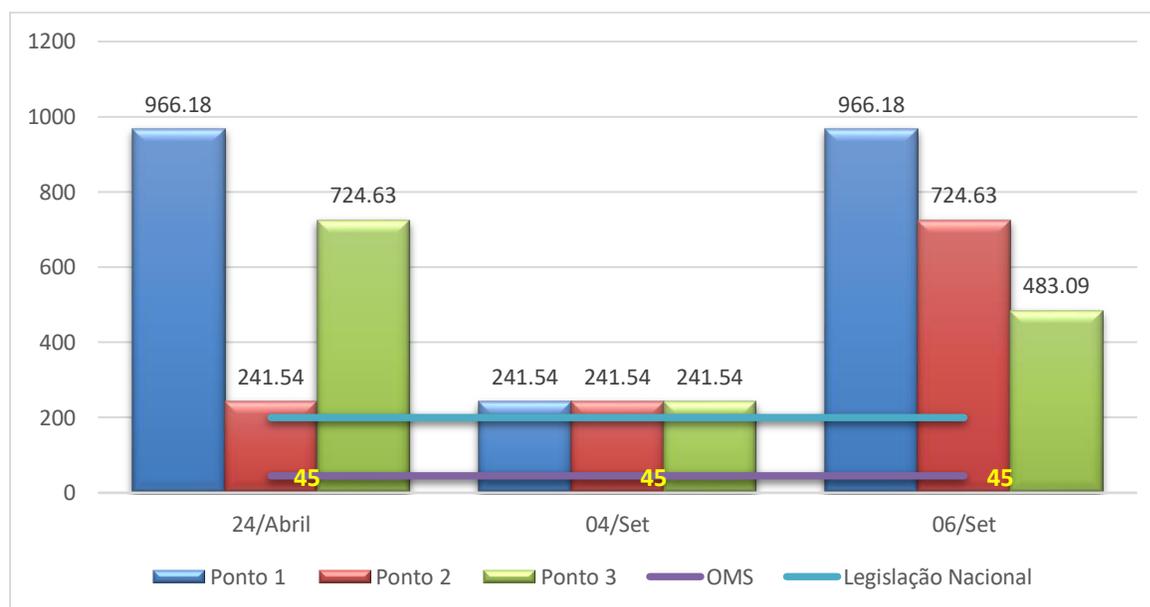


Figura 22 - Variação da concentração das poeiras nos três pontos

Fonte: Autor, 2024

5.1.2. Gases

No Apêndice III, são apresentadas os valores das concentrações dos gases (convertidos de ppm para $\mu\text{g}/\text{m}^3$) obtidas em cada ponto nos três dias para cada um dos poluentes. Onde foi possível verificar que as concentrações do SO_2 , estão muito acima dos valores estabelecidos pelos decretos em referência.

- **Dióxido de Enxofre**

Durante os três dias em que foram feitas as medições, a concentração do SO_2 apresentou altos valores de concentração, valores estes que estão muito acima dos valores estabelecidos pelos decretos em referência.

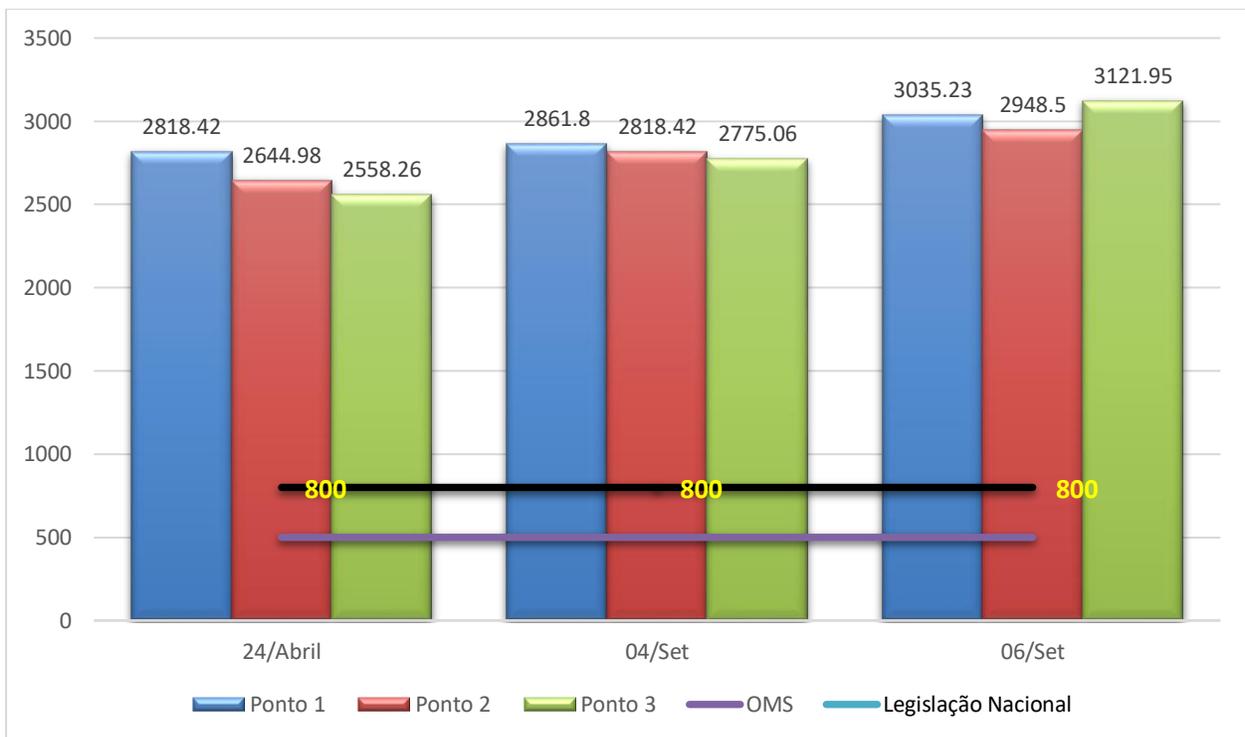


Figura 23 - Concentrações de SO_2 para os três pontos de medição

Fonte: Autor, 2024

Outros gases, como o NO_2 e o CO , as variações das suas concentrações estão dentro dos limites estabelecidos pelos decretos em referência no presente relatório, como ilustram os gráficos abaixo:

- **Dióxido de Nitrogénio**

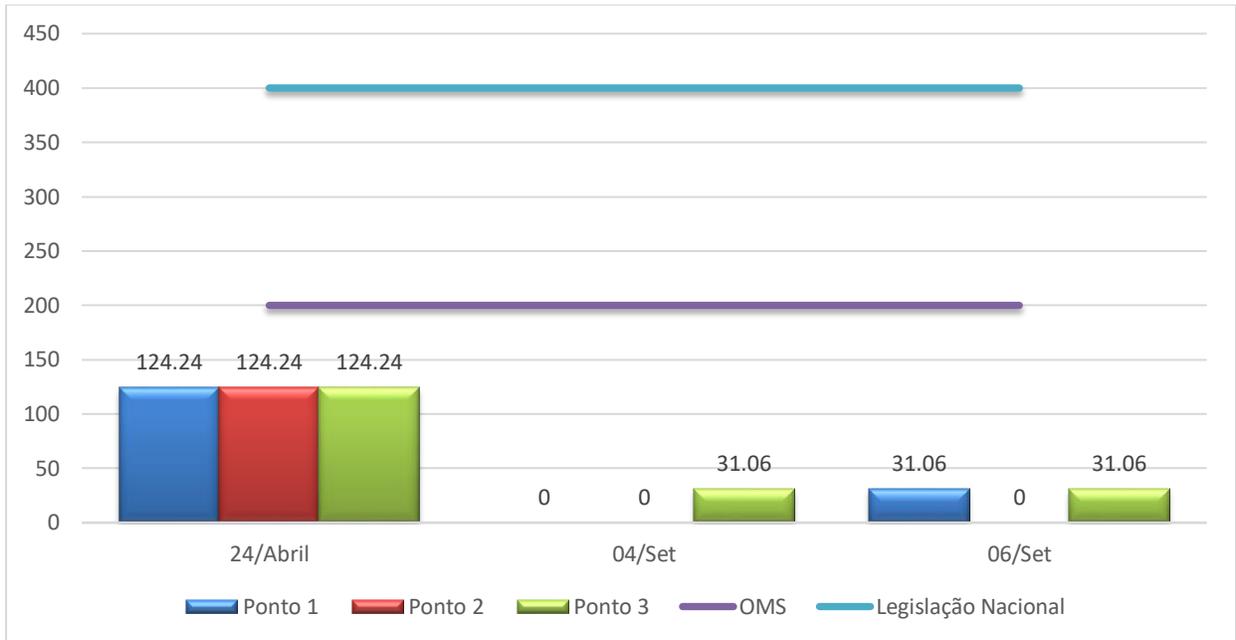


Figura 24 - Concentrações de NO₂ para os três pontos de medição

Fonte: Autor, 2024

- **Monóxido de Carbono**

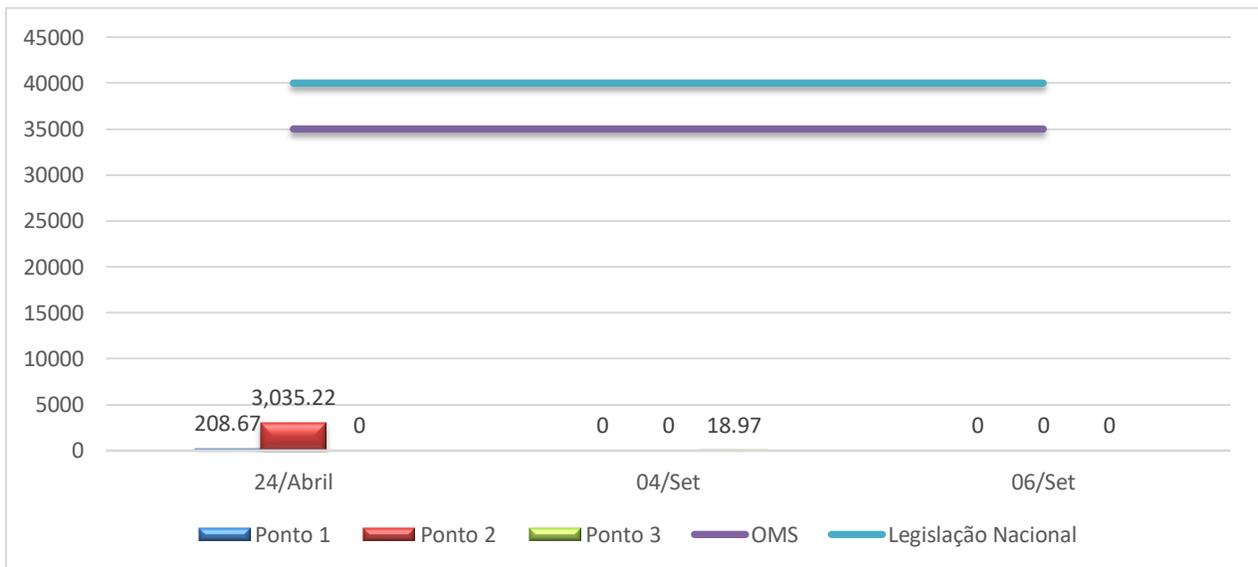


Figura 25 - Concentrações de CO para os três pontos de medição

Fonte: Autor, 2024

5.2. Condições de Dispersão Atmosférica

A concentração de poluentes na atmosfera depende não só das emissões das fontes poluentes identificadas, mas da acção conjunta com os fenómenos de difusão e transporte (regime de ventos e estratificação térmica), das reacções químicas (na atmosfera e ao nível do solo/fonte emissora) e dos mecanismos de remoção (como por exemplo, no caso de períodos de precipitação). (ÁFRICA, 2017)

Estas variáveis, conjuntamente com outros dados meteorológicos, definem ainda factores relevantes na dispersão de poluentes – estabilidade atmosférica e espessura da camada-limite atmosférica (camada de mistura). (ÁFRICA, 2017)

A estabilidade da atmosfera é um dos factores fundamentais para o estudo da dispersão de poluentes na atmosfera e está relacionada com o perfil do vento e a distribuição de temperaturas na vertical. Da sua análise se retira a tendência para o ar atmosférico diminuir ou aumentar o seu movimento vertical, influenciando ainda na variação de turbulência existente, se for o caso. (ÁFRICA, 2017)

No âmbito do estudo de qualidade do ar realizado no EIA do PGUDMK (BETAR & BETA, 2012), estes factores foram estimados através do modelo meso-meteorológico TAPM para o ano de 2011 e para a estação de Maputo/Mavalane:

- Estabilidade da atmosfera – Classe de estabilidade predominante D (frequência de aproximadamente 45%), de acordo com a classificação Pasquill-Guifford. Seguem-se as classes C, E e F, com uma ocorrência aproximada de 15% cada;
- Camada de mistura – valores de altura da camada de mistura inferiores a 100m (frequência superior a 30%), ou entre 100m e 250m (frequência a rondar os 40%).

Estes resultados indicam que existe uma frequência relativamente elevada de condições desfavoráveis para a dispersão de poluentes emitidos junto à superfície, nomeadamente em cerca de 30% do tempo onde a atmosfera é estável (classes E e F de estabilidade) e a camada de mistura é inferior a 100m. (ÁFRICA, 2017)

A área em estudo localiza-se numa extensa planície aluvionar, onde as cotas são inferiores a 100m. À medida que se avança para Oeste, começam a surgir pequenas

elevações, entre os 200 e 400m. Os valores médios máximos de velocidade do vento foram registados nos meses de Março e Outubro (valores entre os 20 e 25 km/h). Na escala de Beaufort, considera-se que ventos com velocidades compreendidas entre 20 e 25 km/h correspondem a brisas moderadas. No período analisado, os ventos sopraram com mais frequência da direcção Este. (ÁFRICA, 2017).



Figura 26 - Área industrial e portuária da Matola A

Fonte:. Extraída pelo autor através da ferramenta Google Earth

5.3. Proposta de medidas de mitigação

Para as Poeiras:

Assegurar a fiscalização adequada do funcionamento das actividades das indústrias no que se refere à emissão das poeiras para a atmosfera; Controlar a dispersão de poeiras para as zonas circundantes, especialmente as residenciais, através do melhoramento das redes de protecção, principalmente na terminal do carvão mineral; Melhorar a fiscalização dos veículos ou comboios que transportam materiais/ produtos industriais que possam libertar poeiras, para garantir que estes estejam devidamente cobertos ao longo do percurso entre as fábricas e os seus respectivos destinos; Os veículos que transportam materiais que potencialmente possam libertar poeiras devem ser lavados antes de deixar o local (instalações adequadas para a lavagem devem estar disponíveis).

Para os Gases

Assegurar a manutenção periódica dos transportes e equipamentos, pois verificou-se muitos veículos e navios que emitem fumaça muito escura; Melhorar os programas de monitorização das emissões das chaminés e monitoria de qualidade do ar (ambiente) se necessário; Assegurar a fiscalização adequada do funcionamento das actividades das indústrias no que se refere à descarga de poluentes para a atmosfera, verificar se a altura das torres é adequada para permitir uma boa dispersão de poluentes e proteger o meio ambiente e a saúde humana; Emissões de um determinado parâmetro (de um único projecto) não devem contribuir com mais de 25% dos valores estipulados na legislação/normas aplicáveis de qualidade do ar ambiente, para permitir um desenvolvimento futuro sustentável na mesma “bacia atmosférica”; Se necessário, devem ser incorporadas na torre filtros e/ou outros mecanismos de tratamento de gás antes da libertação para a atmosfera.

6. CONCLUSÃO

O estudo realizado teve como principal objectivo avaliar a qualidade do ar na comunidade da Matola "A". Após a identificação das doenças mais frequentes no bairro da Matola "A", foi possível fazer o levantamento dos possíveis poluentes que afectam a qualidade do ar na área de estudo: CO, SO₂, PTS, NO₂, cujas concentrações médias totais encontrados foram: 362.53 µg/m³ em 1h, 2842.51 µg/m³ em 1h, 536.76 µg/m³ em 24h, 51.77 µg/m³ em 1h, respectivamente, estes, possuem elevado poder degradante para o ambiente, e podem também, causar graves danos à saúde humana.

Os resultados encontrados neste trabalho demonstram definitivamente que as emissões de poluentes pelas diferentes fontes identificadas no bairro da Matola "A", têm um papel determinante na concentração de poluentes atmosféricos na área em estudo, com maior destaque para o SO₂ e as PTS, cujos valores das concentrações encontrados na área de estudo estão acima dos valores estabelecidos pelos decretos em referencia, isto é, a concentração do SO₂ estabelecida pela OMS e pela legislação nacional é de 500 µg/m³ e 800 µg/m³ respectivamente e a concentração das PTS estabelecida é de 45 µg/m³ e de 200 µg/m³ respectivamente.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que a elevada concentração de SO₂ e de PTS tem afectado de forma negativa a qualidade do ar no bairro da Matola "A", tornando este ar, nocivo para os ser vivos, principalmente para os residentes da área em estudo. Estas elevadas concentrações podem ser a principal causa das doenças respiratórias, pulmonares e cardiovasculares identificadas na área de estudo. A identificação prematura das tendências atmosféricas suscetíveis a provocar qualidades de ar prejudiciais é necessária para salvaguardar a saúde dos habitantes urbanos, mas também para a saúde dos ecossistemas.

7. RECOMENDAÇÕES E LIMITAÇÕES

As medições realizadas para a elaboração do presente relatório foram feitas no interior do bairro da Matola “A”, onde encontrou-se concentrações de poluentes provenientes de fontes móveis, fixas e domésticas, originando assim o efeito sinérgico, razão pela qual, não se pode afirmar que as concentrações encontradas, são provenientes apenas de fontes fixas ou móveis. Por isso, para os trabalhos futuros, recomenda-se:

Realizar análises em maiores períodos de tempo, pra se obter resultados mais exactos; Comparar, sempre que possível, os resultados obtidos no estudo com os dados obtidos nas monitorias, auditorias e estudos ambientais realizados nas indústrias ao redor; Realizar estudos similares para a mesma área de estudo focando-se nos impactos causados aos ecossistemas pelos poluentes emitidos pelas indústrias; Buscar saber as concentrações dos diferentes poluentes emitidos a partir das diferentes fontes; Estudar outras possíveis fontes de poluição do meio ambiente no Bairro da Matola “A”; Fazer as mesmas medições em bairros não industrializados, para poder fazer a comparação dos resultados.

7.1. LIMITAÇÕES

Dentro das dificuldades da pesquisa, estão a falta de abertura por parte das empresa para a recolha de dados e pra obter informações de como as empresas tratam as suas emissões, que seria de muita utilidade para sabermos a concentração que as empresa emitem para a atmosfera.

8. Bibliografia

- ÁFRICA, N. (2017). *Avaliação do Impacto Ambiental do Projecto de Expansão da Capacidade do Terminal Graneleiro da Matola/STEMA*. MATOLA: NEMUS.
- AMBIENTAL, J. (2010). *Industrial pollution and public health: an impact evaluation*. Maputo.
- BETAR, C., & BETA. (2012). *Estudo de pré-viabilidade ambiental e definição do âmbito e dos termos de referência do estudo de impacto ambiental*.
- BOLÓS I CAPDEVILA, M. (1992). *Manual de ciencia del paisaje : teoría, métodos y aplicaciones*. Barcelona: Masson.
- BRETSCHNEIDER, B., & KURFURST, J. (1987). *Air Pollution Control Technology*. Amsterdam-Oxford-New York: Elsevier.
- CAVALCANTI, M. P. (2010). *MODELO DE GESTÃO DA QUALIDADE DO AR – ABORDAGEM PREVENTIVA E*. Rio de Janeiro, Brasil: Universidade Federal do Rio de.
- CAVALCANTI, P. M. (2003). *Avaliação dos impactos causados na qualidade do ar pela geração termelétrica*. Rio de Janeiro - Basil: Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- CETESB. (2002). *Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo -2001*. São Paul.
- CETESB. (2008). *Relatório da qualidade do ar de São Paulo*. São Paulo.
- CETESB. (2022). *Relatório de Qualidade do Ar*.
- CHAMBAL, B., MAHUNDLA, V., & MUNGOI, R. (2006). *Relatório do estudo de impacto ambiental (REIA) da Fábrica de Cimento da Matola*. Matola: MICOA.
- CROWCON. (2018). *Manual do Usuário e Operador*.

- DAVIS, L. M., & CORNWELL, D. A. (2008). *Introduction to environmental engineering 4th ed Dubuque*. McGraw-Hill Companies.
- De Souza, E. (2009). *Inventario de Emissões Atmosféricas e Avaliação de Condicionantes Meteorológicos: Estudos de Caso de Três Lagoas*. São Carlos.
- EPA. (1997). *Introduction to the Emission Inventory Improvement Program*. Energy.
- FOX, D. L., BOUBEL, R. W., TURNER, D. B., & STERN, A. C. (1984). *Fundamentals of Air Pollution*. Florida: Academic Press is an imprint of Elsevier.
- GOMES, L. (2020). *QUALIDADE DO AR EM ZONAS INDUSTRIAIS*. Bragança.
- (2002). *GREATER LONDON AUTHORITY. 50 YEAR ON*.
- HARDIN, G. (1968). Science, New Series 162 no. 3859. In *The tragedy of the commons* (pp. 1243-1248).
- IASKIEVICZ, F. (2011, 11 24). *JUS*. Retrieved 01 13, 2023, from Plano de Controle de Poluição Veicular - PCPV como instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente: <https://jus.com.br>
- INSTITUTO DE SAÚDE E SUSTENTABILIDADE. (2014). *Monitoramento da qualidade do ar*. Brasil.
- IPCC. (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. United Kingdom: THE PRESS SYNDICATE OF THE UNIVERSITY OF CAMBRIDGE.
- KEMP, D. D. (1994). *Global Environment Issues - A Climatological Approach*. USA: Routledge.
- LEFEBVRE, H. (2001). *O direito a cidade. 2.ed*. Retrieved Janeiro 15, 2023, from Programa nacional de controle da qualidade do ar - PRONAR: http://www.mma.gov.br/estruturas/163/_arquivos/pronar_163.pdf
- LOUREIRO, L. N. (2005). *AVALIAÇÃO DO INVENTÁRIO EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO PARA*

FONTES MÓVEIS. RIO DE JANEIRO – BRASIL: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO.

MEDEIROS, A. M. (2003). *Diretrizes para a Incorporação da Variável Ambiental no Planejamento da Expansão Termelétrica a Gás Natural no Brasil*. Brasil, RJ: Tese de M.Sc.

MÉNDEZ, R., & BARROSO, I. C. (1996). *Organización industrial y territorio*. Espanha: Madrid: Editorial Síntesis.

MENDONÇA, R. C. (2015). *Análise dos Impactos da Poluição Atmosférica do Parque Industrial da Matola na Saúde da População: Um Estudo de Caso no Bairro da Matola “A”*. Matola.

MILLER, G. T. (2007). *Ciência ambiental*. São Paulo: Thomson Learning.

MIQUIDADE, A. A. (2018). *MORFOLOGIA URBANA DA MATOLA: TENDÊNCIAS DE CRESCIMENTO DA CIDADE*. Porto.

NUNES, B., FRANÇA, C., DEVECCHIO, D., GOMES, R., & CAMPELLO, M. (2019). *UM OLHAR SOBRE TRANSPORTE RODOVIÁRIO E A SUSTENTABILIDADE: O Impacto da Poluição no Meio Ambiente*. Brasil.

OLIVEIRA, G. A., & CARDOSO, M. M. (2009). *Anuário da Produção de Iniciação Científica Discente*.

OMBANDZA, N. F. (2020). *O IMPACTO AMBIENTAL DO TRANSPORTE MARÍTIMO*. Lisboa.

PAINTER, D. E. (1974). *Air pollution technology*. GREENVILLE, NORTH OF CAROLINA: Reston Virginia, Reston Publishing Company Inc.

PANGUEIA, D. P. (2010). *Impactos Sócio-ambientais das Indústrias no Posto Administrativo de Matola-Rio distrito de Boane*. Maputo: Universidade Eduardo Mondlane.

- PARTER, A. (1978). *Industrial Air Pollution Handbook, Great Britain*. Mc-GrawHill Book Company.
- PIRES, D. O. (2005). *INVENTÁRIO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DE FONTES ESTACIONÁRIAS E SUA*. RIO DE JANEIRO, BRASIL: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE.
- RIBEIRO, S. K., COSTA, C. V., DAVID, E. G., REAL, M. V., & D'AGOSTO, M. A. (2000). *Transporte mudanças climáticas*. Rio de Janeiro: MAUAD Editora Ltda.
- SIMONELLI, C. H., & AZEVENDO, J. A. (2009). *Percepção de moradores de área urbana aos impactos da operação ferroviária*. Maringá – PR.
- STEWART, C. T. (1979). *Air Pollution, Human Health, and Public Policy*. Lexington Books.
- TUNDO, P., & ZECCHINI, F. (2007). *A Química para o Ambiente*. Retrieved 02 11, 2013, from Mudanças climáticas globais: http://www.incaweb.org/publications/pdf/climate_monograph_por.pdf
- USEPA. (2004). *Air Quality Criteria for Particulate Matter*.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. (2006). *Meteorologia e Climatologia*. Brasil.
- VESILIND, P. A., & MORGAN, S. M. (2011). *Introdução à Engenharia Ambiental*. São Paulo: Cengage Learning.
- VILAR, J. W. (2011). São Cristóvão/SE: José Wellington Carvalho Vilar.
- WALLACE, J. M., & HOBBS, P. V. (2006). *Atmospheric Science: An Introductory Survey*. Academic Press.
- WARK, K., WARNER, C. F., & DAVIS, W. T. (1998). *Air Pollution: its origin and control*. Assison Wesley.

APÊNDICE

Apêndice I: Resultados da Entrevista feita na área em estudo: 18/01/2023

Dos 15 habitantes seleccionados de forma aleatória em diferentes quarteirões da área em estudo colheu-se diferentes respostas por parte dos entrevistados

1) Nome, há quanto tempo é morador deste bairro?

Tempo de residência	Número de moradores
Mais de 25 anos	3
Mais de 15 anos	4
Mais de 5anos	2
Menos de 5 anos	6

Perguntas:	Respostas:	
	Sim	Não
2) Há algum incómodo nesta área?	10	5
3) Tem conhecimento da zona industrial na área onde resides?	13	2
4) Conhece alguma das actividades?	13	2
5) Possui conhecimento de que houve ou há alguma dessas actividades a criar desconforto para a população?	8	7
6) Algumas dessas indústrias provocam algum tipo de impactos ambientais (ruído, cheiro forte, fumaça, lixo)?	12	3
7) Alguma vez precisou pedir ou solicitar ajuda de órgãos públicos devido a tais actividades?	4	11
8) As condutas foram satisfatórias? Se sim, quais foram?		4
9) Tem conhecimento de algumas doenças provocadas pelas actividades industriais?	10	5
10) Conhece algum morador deste bairro que trabalha numa destas indústrias?	10	5

Apêndice II: Princípios de funcionamento dos equipamentos usados

Princípio de funcionamento da Bomba de Amostragem:

- Prepara-se as cassetes de filtros, dentro das quais são inseridas os filtros, que tem a função de conter a amostra das poeiras;
- A cassette de filtro é conectada a bomba de amostragem por meio de um tubo;
- Coloca-se a bomba de amostragem no ponto escolhido para recolha da amostra, depois de ligar a mesma, espera-se o tempo que se pretende fazer a recolha da amostra;
- Terminado o tempo da exposição, conserva-se o filtro dentro da cassette até no laboratório onde será feita a pesagem dos filtros para se obter o resultado.



Figura A-2.1 - Cassetes porta-filtros com os respectivos filtros

Fonte: Autor, 2023

Princípio de funcionamento Gás-Pro:

- Liga-se o Gás-Pro pressionando e mantendo pressionado o botão do operador (liga / desliga) até ouvir 3 bipes. O Gás-Pro fará a inicialização, executando uma série de processos;
- Primeiramente será exibida uma imagem de teste na tela. Após a conclusão do ciclo de testes, a tela de LCD exhibe a cor verde, os LEDs e o alarme sonoro indicam que o Gas-Pro está funcionando correctamente;

- Se o Gás-Pro estiver configurado para realizar Testes com Gás (Testes de Resposta), será exibida a data do último Teste com Gás;

- A próxima tela do Gás-Pro é a tela Cheque Tanque:

- 1 - Tipo de gás;
- 2 - Unidade de medição (ppm, %LEL, %v/v);
- 3 – Nível;
- 4 - Ícone da tela principal;
- 5 - Nível da bateria;
- 6 - Bomba presente (o símbolo gira com a bomba ligada).

Em “ar limpo”, os níveis de CO₂ e Oxigénio geralmente são de 0,04% e 20,9%, respectivamente. No modo zero, é feito o zero com compensação para esses gases

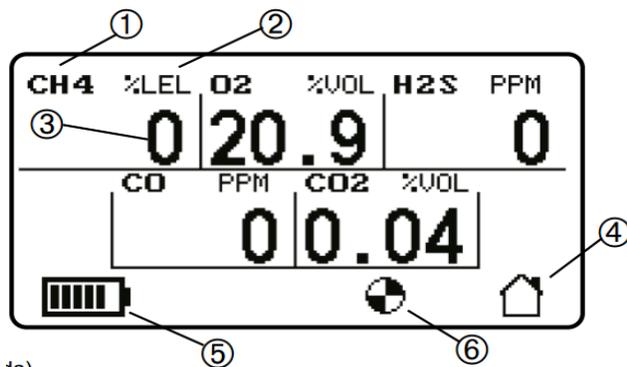


Figura A-2.2 - Tela principal do gás-pro

Fonte: Crowcon, 2018

Princípio de funcionamento da Balança Analítica

A balança é composta por uma plataforma onde é colocado o objecto a ser pesado, uma base de apoio, e um conjunto de molas. O objecto é colocado na plataforma e a força exercida sobre ela é medida pela célula de carga. A célula de carga está conectada ao conjunto de molas, que são responsáveis por transmitir o sinal eléctrico produzido para um dispositivo de medição externo. O dispositivo externo processa o sinal recebido da célula de carga e mostra a massa do objecto em unidade específica.

Apêndice III: Condições meteorológicas e concentração dos gases nos três pontos

Tabela A-3.1 - Detalhes dos dias da recolha de amostras

Condições meteorológicas	24/04/2023			04/09/2023			06/09/2023		
	9h	15h	21h	9h	15h	21h	9h	15h	21h
Direcção do vento	C	E	-	W	E	-	SW	SE	E
Velocidade do vento (Km/h)	0	9	-	8	12	-	6	6	4
Temperatura média (°C)	24.6	26.7	24.3	22.6	25.8	22.4	20.5	22.2	21.0
Humidade relativa (%)	77	72	83	69	76	87	64	57	88
Pressão	1005.5	1006.0	-	1010.0	1006.4	1010.9	1014.9	1012.2	1013.8
Época	Húmida			Seca			Seca		

Fonte: INAM, 2023

Tabela A-3.2 - Concentração dos gases nos três pontos

		Parâmetros	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min
1º dia	Ponto 1	CO (µg/m³)	113.82	0	0	0	1138.21	0
		SO ₂ (µg/m³)	3121.95	2601.62	3121.95	2861.78	2601.62	2601.62
		NO ₂ (µg/m³)	186.37	0	186.37	0	186.37	186.37
	Ponto 2	CO (µg/m³)	0	4552.84	2276.42	5691.05	5691.05	0
		SO ₂ (µg/m³)	2601.62	2341.46	2601.62	2601.62	2861.78	2861.78
		NO ₂ (µg/m³)	186.37	186.37	0	0	186.37	186.37
	Ponto 3	CO (µg/m³)	0	0	0	0	0	0
		SO ₂ (µg/m³)	2601.62	2861.78	2601.62	2341.46	2601.62	2341.46
		NO ₂ (µg/m³)	186.37	186.37	186.37	186.37	0	0
2º dia	Ponto 1	CO (µg/m³)	0	0	0	0	0	0
		SO ₂ (µg/m³)	3121.95	2601.62	3121.95	3121.95	2601.62	2601.62
		NO ₂ (µg/m³)	0	0	0	0	0	0
	Ponto 2	CO (µg/m³)	0	0	0	0	0	0
		SO ₂ (µg/m³)	2601.62	2601.62	2861.78	3121.95	2601.62	3121.95
		NO ₂ (µg/m³)	0	0	0	0	0	0
	Ponto 3	CO (µg/m³)	0	0	0	0	0	113.82
		SO ₂ (µg/m³)	2601.62	2601.62	3121.95	2601.62	2601.62	3121.95
		NO ₂ (µg/m³)	0	0	0	0	0	186.37
3º dia	Ponto 1	CO (µg/m³)	0	0	0	0	0	0
		SO ₂ (µg/m³)	3382.11	3121.95	2861.78	3121.95	2861.78	2861.78
		NO ₂ (µg/m³)	0	186.37	0	0	0	0
	Ponto 2	CO (µg/m³)	0	0	0	0	0	0
		SO ₂ (µg/m³)	3121.95	2861.78	2861.78	2861.78	3121.95	2861.78
		NO ₂ (µg/m³)	0	0	0	0	0	0
	Ponto 3	CO (µg/m³)	0	0	0	0	0	0
		SO ₂ (µg/m³)	3121.95	3121.95	3121.95	3121.95	3121.95	3121.95
		NO ₂ (µg/m³)	0	0	0	186.37	0	0

Fonte: Autor, 2023

Apêndice IV. Coordenadas Geográficas

Tabela A-4 - Coordenadas Geográficas

Pontos	UTM		Geográficas	
	Latitude	Longitude	Latitude (S)	Longitude (E)
P1	-25.959095	32.479186	25°57'32.7"	32°28'45.1"
P2	-25.962741	32.474133	25°57'45.9"	32°28'26.9"
P3	-25.957730	32.474702	25°57'27.8"	32°28'28.9"

Fonte: Autor, 2023