Universidade Eduardo Mondlane

Faculdade de Engenharia
Departamento de Engenharia Mecânica

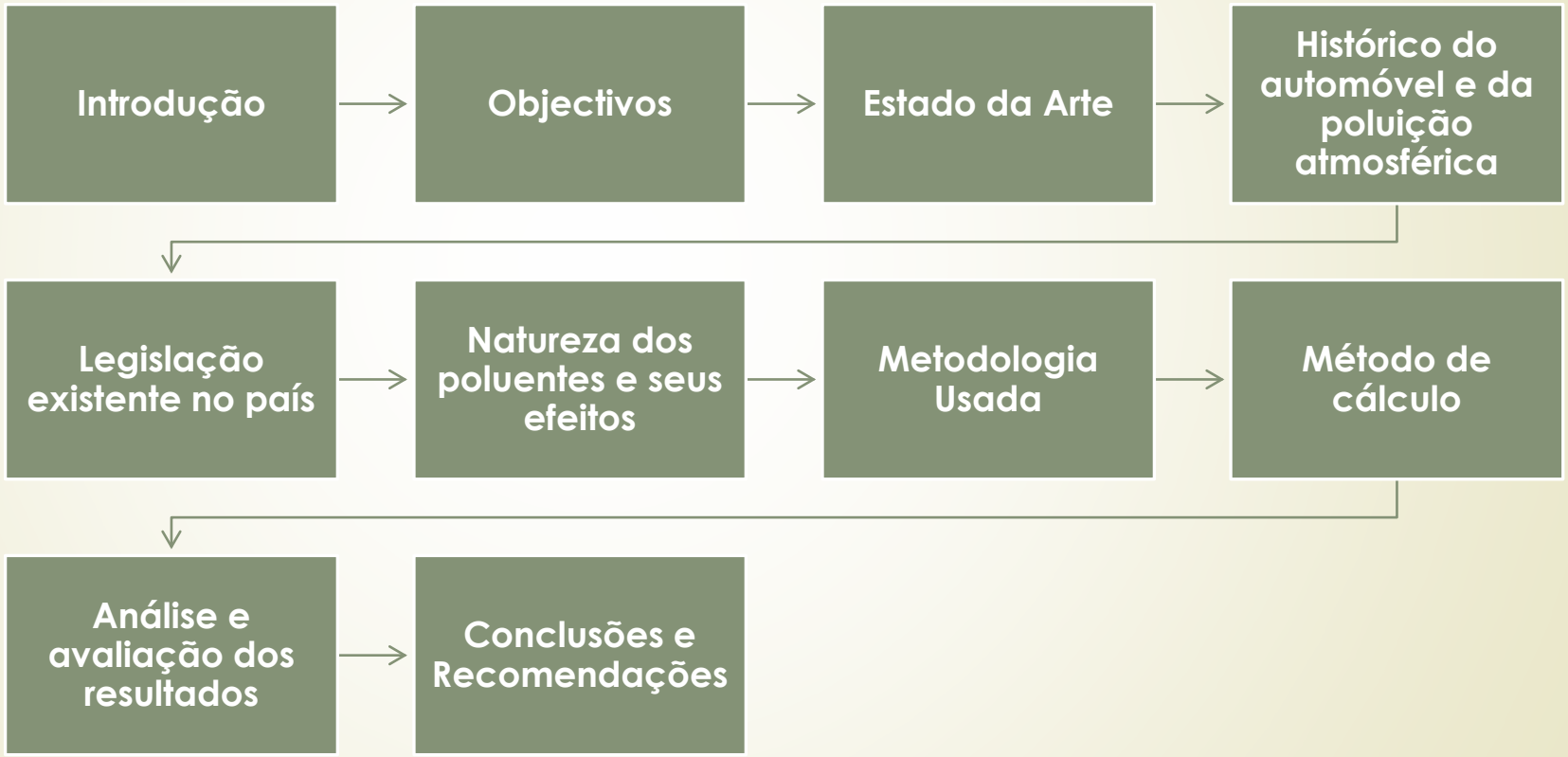
Tese de Licenciatura

Tema: Quantificação da poluição por gases antropogénicos da frota automobilística entre os anos 2013 a 2022 e prognostico do efeito de alteração ate 20% da frota para automóveis com motorização a gás natural

Autor: Jr, Serafim Carlos Novais

Supervisor: Prof. Jorge Nhambiu

Tópicos da Apresentação



Introdução

- O sistema rodoviário é o principal transporte de pessoas e bens, como também é indispensável para o desenvolvimento de um país, neste caso particular Moçambique, embora prejudicial ao ambiente e à saúde humana. O crescimento exponencial do número de veículos no país acarreta alguns problemas, sendo o principal o o aumento da poluição atmosférica, como será demonstrado posteriormente.
- Está pesquisa visou quantificar as emissões de poluentes que advém os transportes rodoviários entre anos de 2013 e prognosticar os efeitos da substituição de 5% a 20% da frota que consome gasolina por veículos que funcionam a gás natural.
- Na primeira fase realizou-se o estudo do estado da arte no país e no mundo, procurando perceber a evolução tecnológica dos automóveis, a legislação que rege as emissões, bem como o historial da poluição atmosférica.
- Após o apuramento do parque automóvel que circula no país, dados como temperatura médias mínimas e médias máximas, consumo de combustível, e outros, foram introduzidos no programa informático e produzidos gráficos ilustrativos da evolução das emissões dos poluentes e tiradas ilações acerca dos mesmos.

Objectivos

- Avaliar as emissões dos gases antropogénicos da frota de automóveis de Moçambique nos anos de 2013 a 2023
- Avaliar os efeitos da substituição de até 20% da frota por veículos movidos a gás natural.

Estado da Arte

A poluição atmosférica acontece quando as emissões de substâncias na atmosfera alteram a composição do ar, provocando desequilíbrios ambientais e causando prejuízos à saúde dos seres vivos, sendo este tipo de poluição um dos que mais causa prejuízos aos seres humanos e aos ecossistemas.

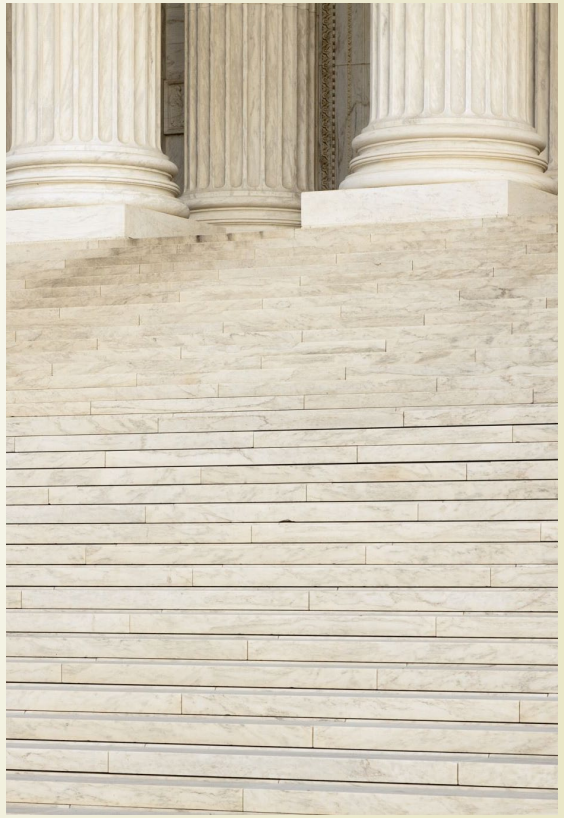
- Uma das principais causas da poluição atmosférica é a queima decombustíveis fósseis, para a geração de energia para indústrias e como combustíveis em automóveis. Este tipo de poluição começou a se intensificar no século XIX, após a revolução industrial.
- A solução para a poluição seria eliminar o uso de combustíveis fosseis, mas o recurso a esta solução teria consequências drásticas na vida do ser humano. Uma das soluções que se vem adoptando a nível mundial é a substituição dos veículos movidos a motores de combustão por veículos com motorização eléctrica com vista a minimizar os impactos ambientais.

Histórico do automóvel e da poluição atmosférica

- O primeiro veículo motorizado a ser produzido com propósito comercial foi um carro com apenas três rodas. Este foi produzido, em 1885, pelo engenheiro Alemão Karl Benz e possuía um motor à gasolina. Embora o primeiro veículo motorizado tenha sido produzido no século XIX, a poluição atmosférica é algo que já aconteceu em tempos mais remotos, ou seja, sempre existiu, embora tenha sido mais notória a partir do século XX e XXI.
- As principais indústrias associadas com a poluição do ar nos séculos que precedem a Revolução Industrial eram a metalúrgica, cerâmica e a preservação de produtos animais.
- Durante o século XVIII e XIX o carvão era o principal combustível da máquina a vapor, uma das invenções mais importantes da época. O problema predominante da poluição do ar no século XIX estava associado a fumo e cinzas provenientes da queima de carvão e óleo nas fornalhas dos geradores de vapor de produção de energia, locomotivas e embarcações marinhas, e em fornos caseiros e lareiras.
- As primeiras ordenações municipais e regulamentos limitando a emissão de fumo preto e cinzas apareceram na década de 1880 e foram direccionados para indústrias locomotivas, e marinhas em lugar de fontes domésticas.
- Nos primeiros anos do século XX, a popularização dos automóveis ampliou mais demanda internacional por combustíveis fósseis (Não somente empregues na produção do querosene) passaram a ser fonte de obtenção da gasolina. Algumas décadas mais tarde, essa mesma tendência fez com que o gasóleo se tornasse muito usado a partir da segunda Guerra Mundial.

Legislação existente no país

- Em Moçambique somente "ouviu-se falar" em direito ao ambiente com a constituição de 1990, ao dispor que "todo cidadão tem direito de viver num ambiente equilibrado e o dever de o defender
- Pretendendo-se dar corpo às novidades introduzidas no texto constitucional em 1997, foi aprovada a lei nº 20/97, de 1 de Outubro designada Lei do Ambiente (LA),
- Uma outra legislação a ser implementada no país, fornecida pelo INATRO, ilustra limites existentes mais coerentes, embora carecendo de bastante melhoria. Esta legislação foi aprovada pelo Diploma Ministerial nº 56/2003 de 28 Maio e será implementada brevemente nos centros de inspecção de veículos automóveis no país.



Natureza dos poluentes e seus efeitos (I)

- Os efeitos na saúde humana atribuídos à poluição atmosférica vão desde uma simples irritação nos olhos até a morte.
- O impacto da poluição atmosférica nos seres humanos tem sido o maior motivo do controlo da mesma. Muitas pessoas não têm o luxo de escolher o ar que respiraram.
- Os dois principais objectivos do teste de poluentes atmosféricos são a identificação e quantificação de uma amostra de ar ambiente.
- O Monóxido de Carbono, difere dos outros poluentes devido aos seus efeitos extremos na saúde humana. Baixos níveis de concentração de CO são suficientes para causar a morte.

Natureza dos Poluentes e seus efeitos (II)

- Os efeitos do Chumbo no corpo afectam muitas partes do organismo incluindo o cérebro, os nervos, os rins, o fígado, o sangue, o aparelho digestivo e os órgãos sexuais. As crianças são particularmente sensíveis, porque o chumbo causa grandes danos no sistema nervoso que ainda se encontra em processo de desenvolvimento. O Dióxido de Nitrogénio é um gás que proporciona ao ser humano uma agradável sensação ao ser inalado, porque ele tem propriedades analgésicas. O NO_2 aumenta a susceptibilidade a patologias respiratórias.
- Os particulados são uma classificação física comum de partículas encontradas no ar, como poeira, sujidade, fuligem, fumaça e gotículas de líquido, são mistura de partículas de diferentes fontes e de diferentes tamanhos, composições e propriedades. SO_2 e PM, quando inalados aumentam a prevalência de doenças respiratórias crónicas.
- O Furano é uma classe de compostos químicos tóxicos que apresentam riscos à saúde. Não há um nível saudável de exposição ao furano e dioxinas e até uma quantidade pequena pode ser perigosa, exactamente porque ele se acumula no organismo.

Metodologia Usada (I)

- Para o cálculo das emissões provenientes de todos os veículos automóveis em Moçambique, foi imprescindível conhecer o parque automóvel do país. O parque automóvel registado no país é regulado pelo INATRO.
- Do total de 1 112 855 veículos existentes em Moçambique no ano de 2020, mais da metade estavam registados nas Província e Cidade de Maputo e pertenciam à categoria de ligeiros, sendo a Zambézia a província com menor número de veículos registados.
- Os dados do INATRO são cumulativos, ou seja, representam todos os veículos que foram registados dentro de Moçambique incluindo veículos acidentados, veículos que não circulam, e outros.

Metodologia Usada (II)

- Foi recolhido da base de dados informatizada do INATRO o número de veículos distinguidos em quatro categorias, nomeadamente:
  - Veículos ligeiros de passageiros;
  - Motociclos;
  - Veículos pesados de carga; e
  - Veículos pesados de passageiros.
- Sendo os quais associados a três tipos de combustíveis, dividido em três categorias:
  - Gasolina;
  - Eléctricos;
  - Outros combustíveis.
- A divisão que se enquadra no país seria a gasolina e o gasóleo, já que a situação actual de uso dos combustíveis alternativos, tais como gás natural comprimido (GNC), gás de petróleo liquefeito (GPL), biocombustíveis e veículos eléctricos ou híbridos no país ainda é muito ínfima.

Metodologia usada (III)

- Recorreu-se a um *software* que permite realizar cálculos estimativos das emissões de poluentes, o software COPERT 5 (*Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport*).
- O *software* funciona com uma base de dados de entrada, dependendo da tecnologia implementada (ano de fabrico) e outros factores, e é composta pelas seguintes categorias de veículos:
  - Veículos ligeiros de passageiros de acordo com a cilindrada e combustível usado (gasolina, gasóleo, GPL e híbrido);
  - Veículos ligeiros de carga tendo como combustível usado o gasóleo ou gasolina;
  - Veículos pesados de carga de acordo com o peso bruto (PB), articulados ou não, tendo como combustível o gasóleo;
  - Aceleras com cilindrada menor que 50 cm^3;
  - Motociclos com motor de 2 ou 4 tempos de acordo com cilindrada.

Método de cálculo (I)

O cálculo das emissões é feito combinando os dados de actividade para cada classe de veículo com factores de emissão apropriados. Estes factores de emissão variam de acordo com os dados de partida (áreas de circulação, condições climáticas). A informação da composição e do consumo de combustível é necessária para verificar o balanço de combustível entre o consumo como dado de partida e o consumo calculado pelo programa.

O método de cálculo (II)

Variáveis de entrada

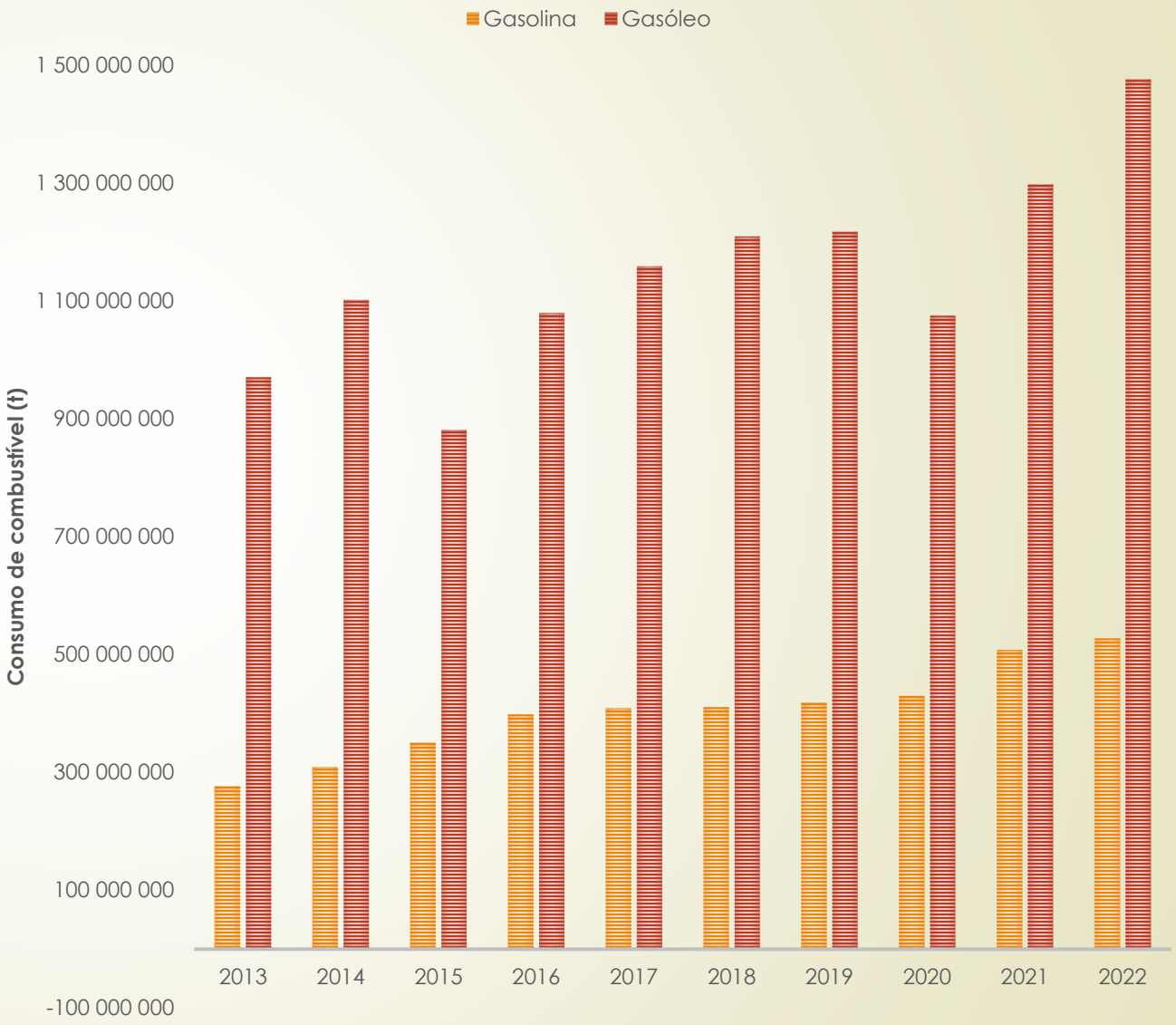
- Variáveis do Combustível
- Dados de Actividade
- Condições de Condução
- Outras Variáveis

Cálculos intermédios

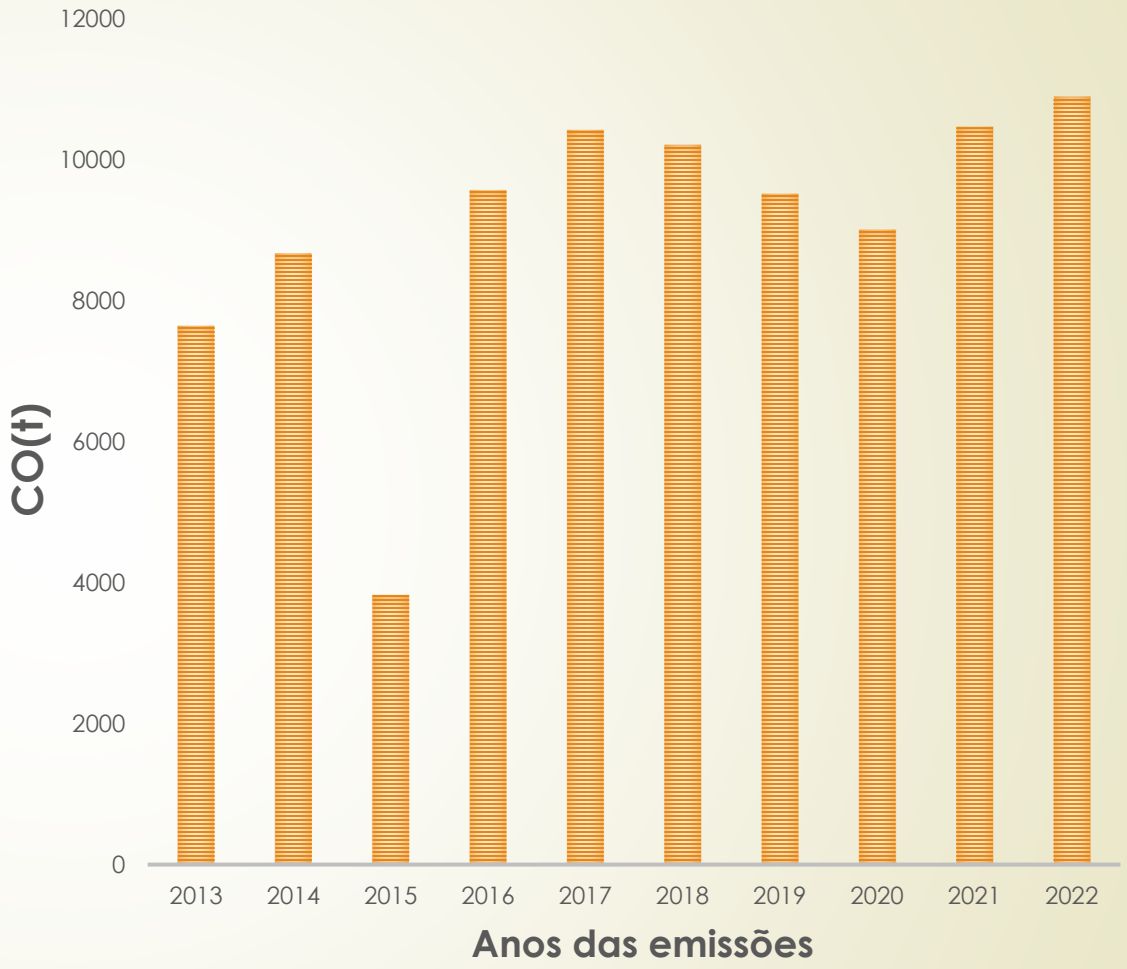
- Factores de Emissão
- Percentagem de Arranque à Frio

Cálculo das emissões anuais de todos os poluentes, de todas as categorias, classes e tipos de veículos e estradas

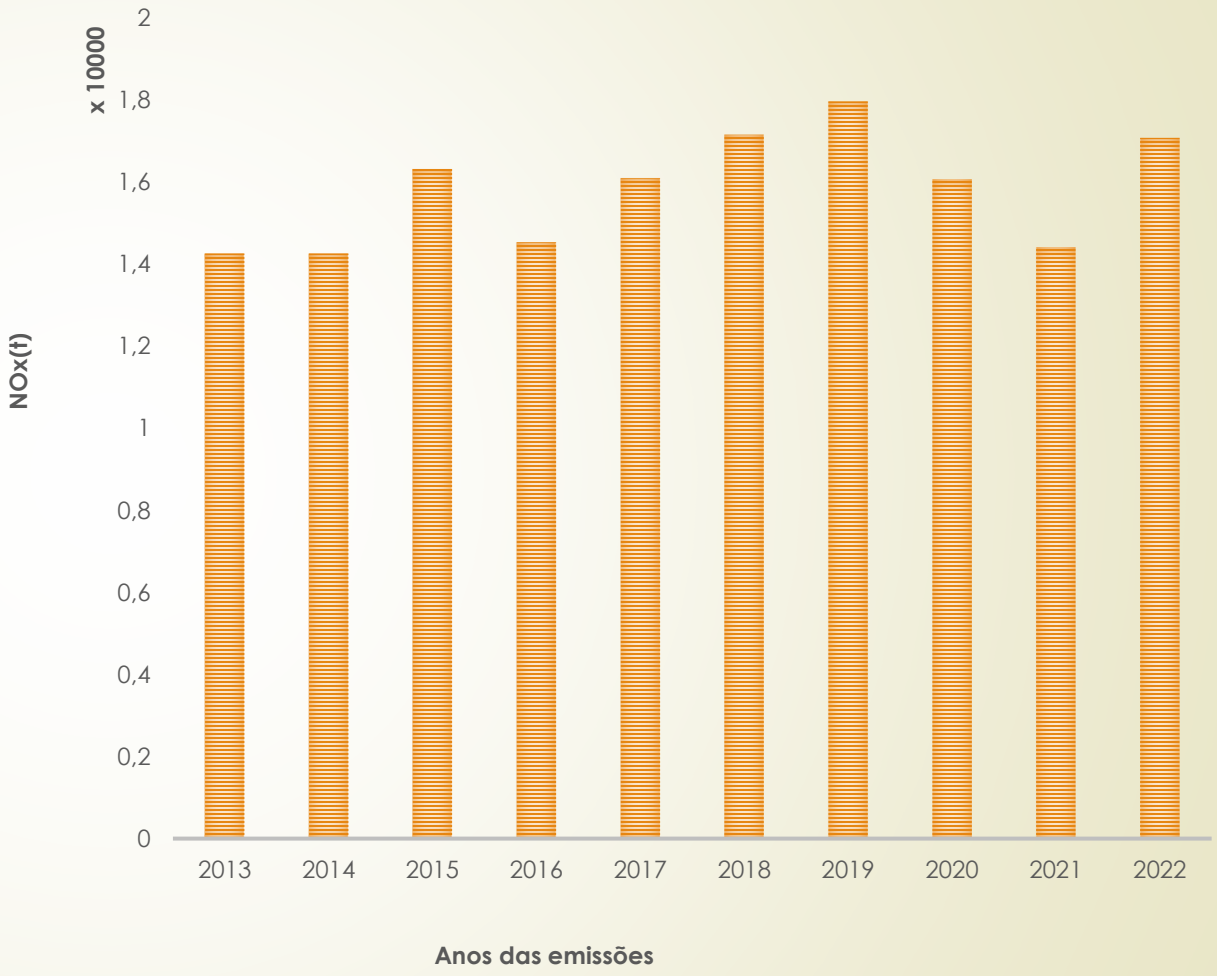
Consumo Anual de Combustível



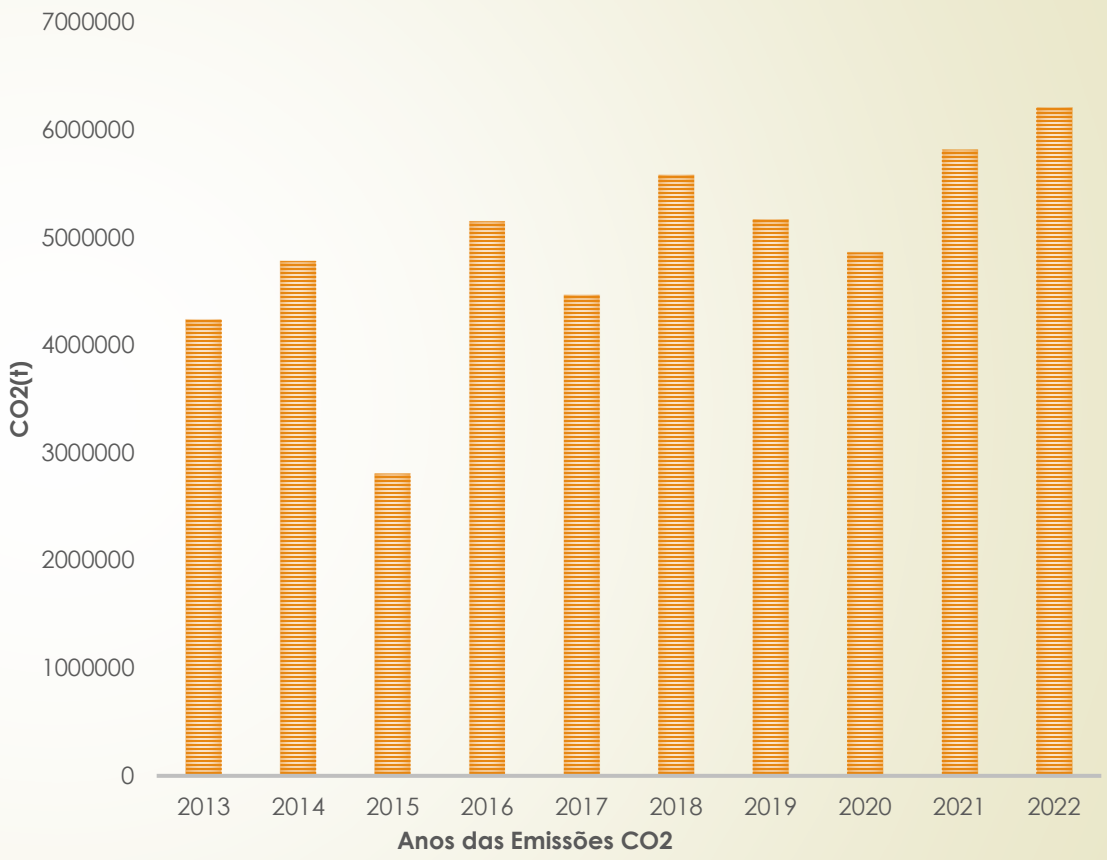
Emissões de Monóxido de Carbono



Emissões de NOx



Emissões de Dióxido de Carbono



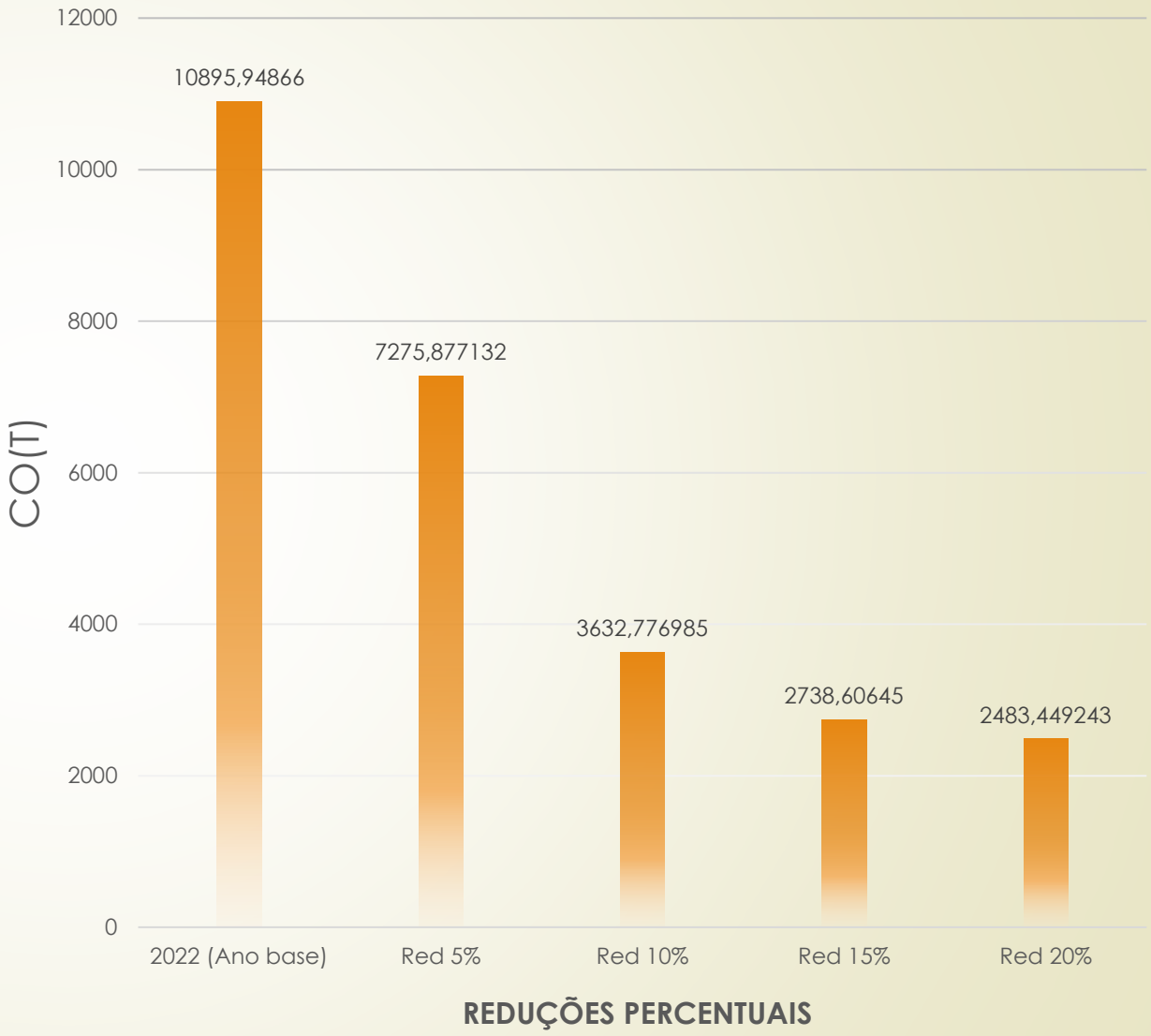
Análise avaliação dos resultados

- São ilustrados os poluentes considerados mais importantes, com especial atenção para os mais nocivos à saúde humana e ao globo, relativamente ao efeito estufa. Os resultados de 2013 a 2022 representam um cálculo da evolução de emissões.
- Dos resultados obtidos de emissões de CO e CO_2 de 2013 a 2022 nota-se pelos gráficos que as emissões têm um crescimento linear com a excepção do ano de 2015 devido a recessão económica.
- Em 2020 também houve uma pequena redução dos poluentes, devido à situação da pandemia (COVID-19), tendo reduzido de 9519.81 toneladas para 9014.87 toneladas.
- As emissões de CO_2 per capita em Moçambique no ano de 2022 foi de 0.196 Toneladas per capita, muto abaixo dos outros países como Estados Unidos que tem índice de emissões per capita de 20.4 Toneladas, Rússia com o índice per capita de 10.5 Toneladas, Japão 9.5 Toneladas, África do Sul 9.2 Toneladas e Espanha com 7.2 Toneladas.

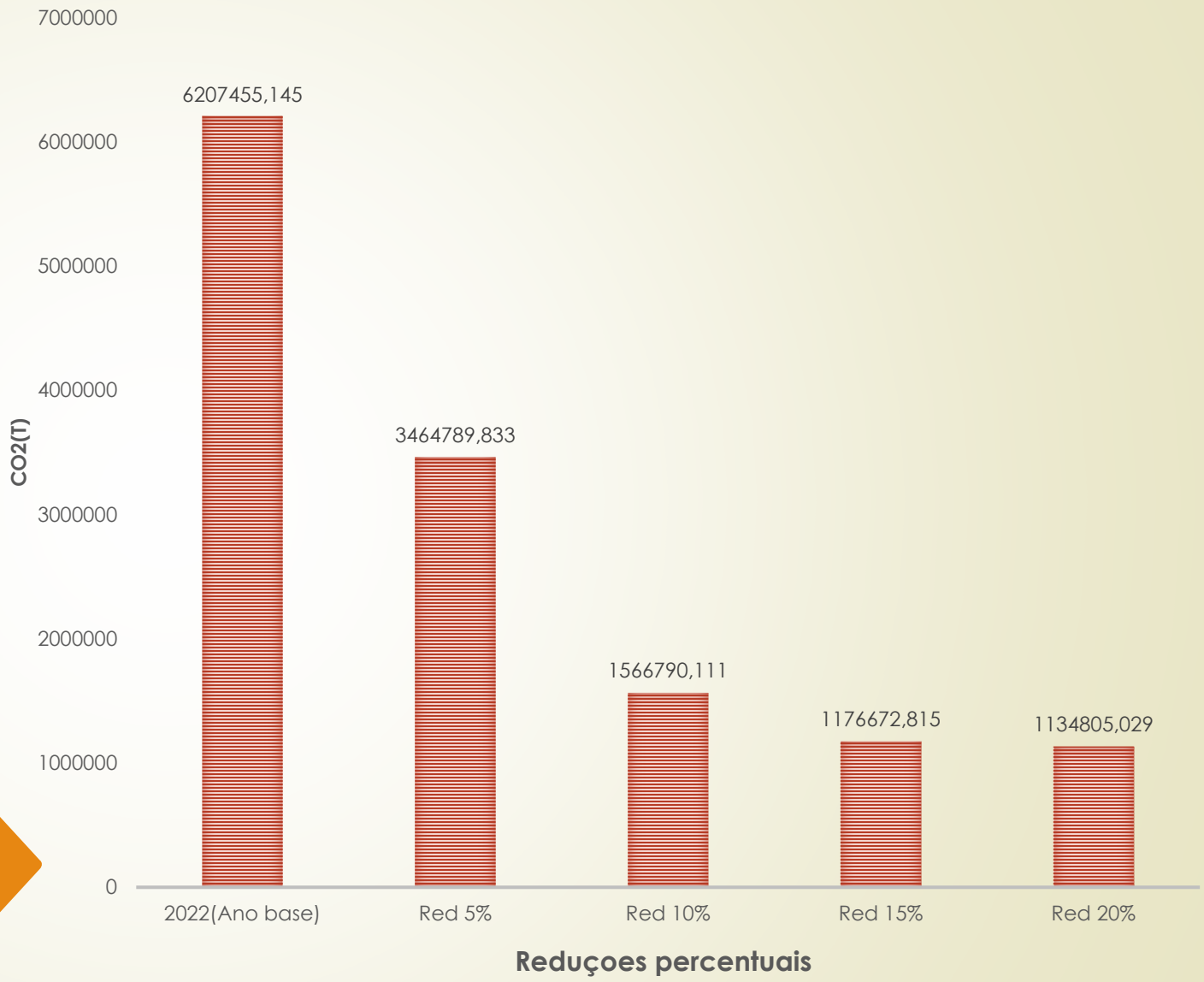
Prognóstico da substituição da frota em Moçambique

- Moçambique é considerado o 13º país do mundo com mais reservas de combustíveis fósseis, e é considerado o que possui as maiores reservas de gás natural da África subsaariana. Em 2012 foram descobertos mais 100 milhões de pés cúbicos de gás natural no solo nacional.
- Apostar-se na substituição dos combustíveis convencionais para o uso do gás natural, seria um primeiro passo para reduzir-se os efeitos colaterais das emissões dos poluentes.
- Para além do gás natural ser um combustível alternativo que é amigo do ambiente, apostar no uso deste tipo de combustível terá um efeito multiplicador na economia do país.
- Fez-se um prognóstico da implicação da redução da frota que utiliza gasolina para utilizar gás natural, na proporção de 5%, 10%, 15% e 20% do total dos veículos aludidos

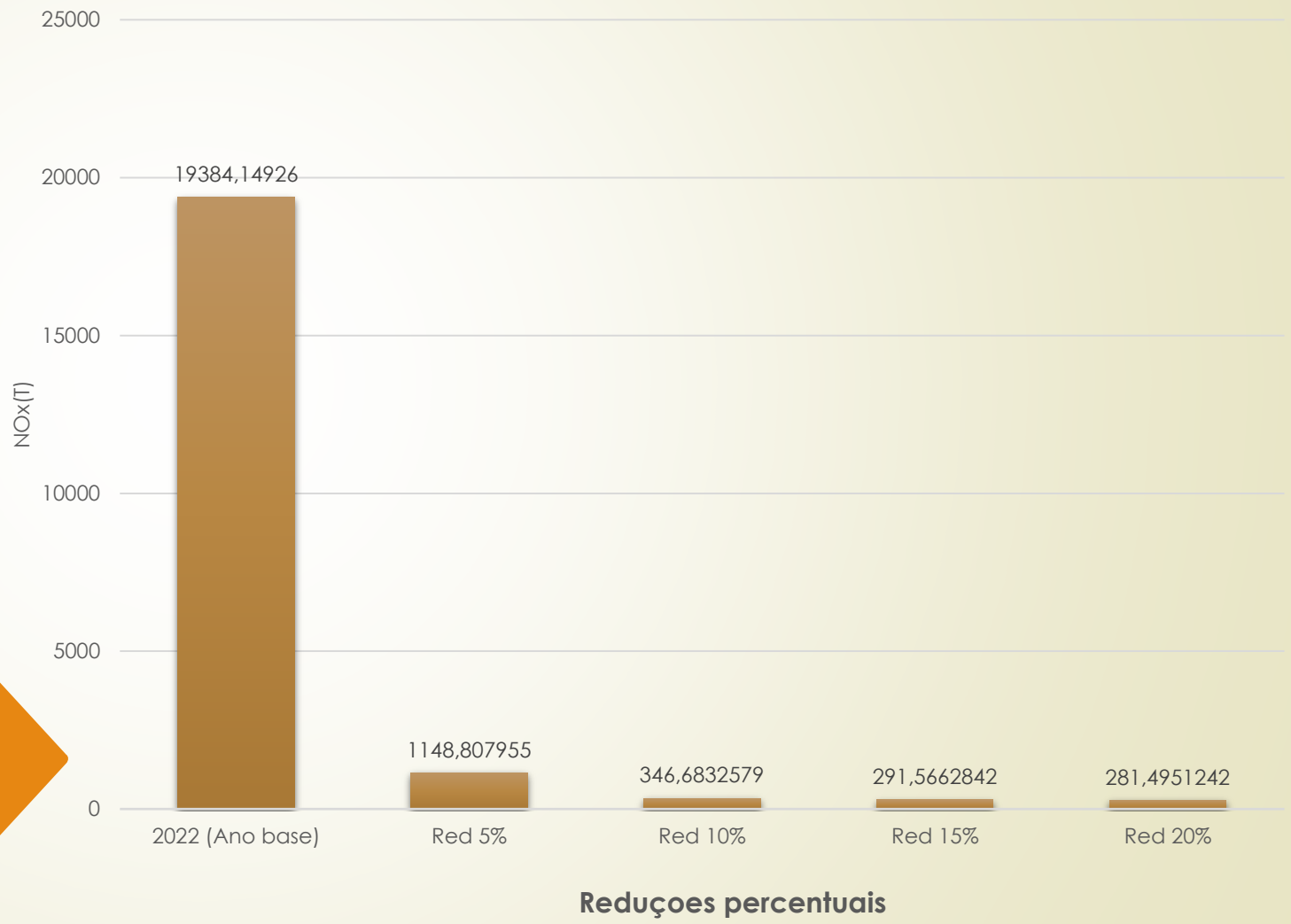
Redução das Emissões de Monóxido de Carbono



Redução das Emissões de Dióxido de Carbono

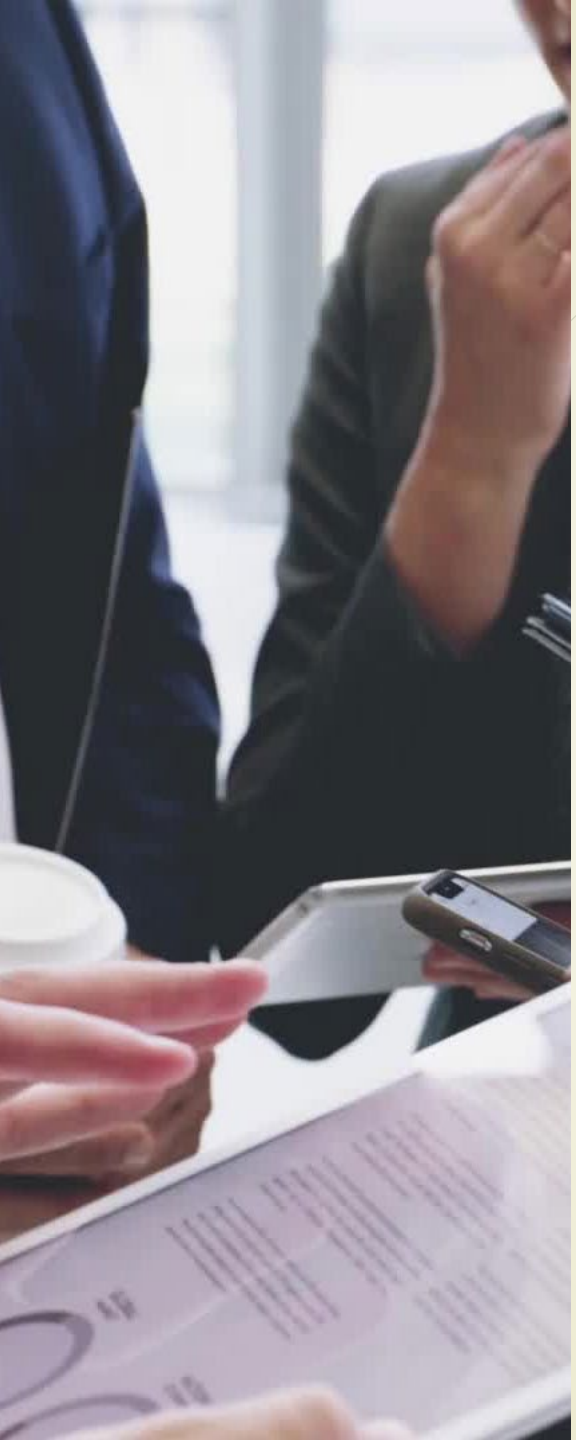


Redução das Emissões de NOx



Conclusões (I)

- Os objectivos traçados no início do trabalho, foram alcançados com sucesso, particularmente a estimativa das reduções do nível das emissões com a introdução da motorização a gás natural. Durante o percurso foi possível efectuar outras tarefas deveras importantes como obter a dimensão do parque automóvel efectivo de Moçambique, pois, não existia uma informação sólida concreta.
- Apresenta-se algumas medidas a seguir e a tomar em conta para a minimização do impacto dos transportes rodoviários, no meio ambiente.
- O problema do CO_2 tem duas vertentes, uma é o crescimento do parque automóvel do país e a segunda o crescimento significativo do consumo de combustível, como consequência desse crescimento. Uma medida para promover a redução desta tendência seria a diminuição do consumo de combustível dos veículos pela implementação de novas tecnologias, neste caso, o uso do gás natural.



Conclusões (II)

- As emissões de NO_x englobam NO e NO_2. A proporção é de 89% de NO a e os restantes 11% correspondem a NO_2.
- A tendência das emissões de NO_x é de aumentarem gradualmente, sendo os maiores responsáveis por estás emissões os veículos pesados de carga. Naturalmente, devido ao ciclo Diesel, típico destes veículos, que admite para a câmara de combustão um fluxo de ar praticamente constante, independentemente do regime de trabalho do motor e da necessidade de potência, por parte do condutor.
- As emissões de CO_2 em Moçambique foram de 5 859.17 toneladas em 2016 tendo aumentado 2.22% em relação ao ano anterior. O estudo feito para a densidade populacional em 2016, ilustra que as emissões de CO_2 *per capita* em Moçambique são equivalentes a 0.21 toneladas por pessoa.
- O Cálculo efectuado para os 10 anos mostra um agravamento das emissões de CO_2. Este aumento significativo deve-se ao facto de cada ano que passa mais combustível é consumido como consequência do aumento do parque automóvel do país.

Recomendações (I) - Comportamento do condutor

- Comportamento do condutor é deveras importante no que concerne as emissões de CO_2, e abaixo apresenta-se algumas medidas a serem tomadas:
  - Verificar e ajustar a pressão dos pneus regularmente;
  - Remover carga desnecessária do veículo; e
  - Controlar a velocidade de circulação.

Recomendações (II) - Combustíveis alternativos

Os combustíveis alternativos são a solução mais viável para o problema das emissões de CO_2, embora a situação actual do país esteja completamente virada para os combustíveis fósseis, mas com a exploração do gás natural no país, a implementação deste combustível pode ser fácil. Porém, o uso do gás natural não é a única alternativa que é amiga do ambiente, o uso de carros eléctricos é a solução que os países do 1º mundo têm apostado, como carros amigos do ambiente.

Recomendações (III) - Impostos

Na situação actual em que o país se encontra, verifica-se que os veículos mais antigos pagam menos ISV que os mais recentes. Desta forma a tendência é que veículos mais antigos continuem a circular por mais tempo visto que pagam menos impostos. A consequência desta atitude é o aumento de emissões de poluentes, pois os veículos mais antigos emitem muito mais poluentes do que os veículos recentes. A solução deste problema recomenda-se obrigar os veículos mais antigos pagarem mais impostos que os veículos recentes em termos de ano de ano de fabrico. Isto irá desencorajar os cidadãos a adquirirem veículos antigos sob pena de pagarem mais impostos, e consequentemente encorajará os cidadãos a comprarem veículos novos.

Obrigado pela vossa atenção!