

Armilo Mufanequissuane Castigo Mandlate

ANÁLISE DA QUALIDADE DA REABILITAÇÃO DO PAVIMENTO RODOVIÁRIO:  
ESTUDO DO CASO AV. DO TRABALHO – CIDADE DE MAPUTO

Licenciatura em Engenharia de Construção Civil

Universidade Pedagógica de Maputo

Maputo

2023

Armilo Mufanequissuane Castigo Mandlate

ANÁLISE DA QUALIDADE DA REABILITAÇÃO DO PAVIMENTO RODOVIÁRIO:  
ESTUDO DO CASO AV. DO TRABALHO – CIDADE DE MAPUTO

Licenciatura em Engenharia de Construção Civil

Monografia apresentada à Faculdade de Engenharia e Tecnologia para a obtenção do grau académico de Licenciatura em Engenharia de Construção Civil.

Arguente:

Eng.º Pacheco Macamo

Supervisor:

Eng.º Paulo Aíde

Universidade Pedagógica

Maputo

2023

## DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu **Armilo Mufanequissuane Castigo Mandlate**, declaro por minha honra que este trabalho é de minha inteira autoria e que o mesmo nunca antes foi apresentado por ninguém para obtenção de qualquer grau acadêmico.

---

/Armilo Mufanequissuane Castigo Mandlate/

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por ter iluminado todos os meus passos e concedida sabedoria, saúde e fé para que eu possa realizar mais um sonho, formando-me no curso de Engenharia Civil.

A minha mãe, filho e irmãos por todo apoio que me deram para que eu pudesse chegar onde estou e tivesse capacidade de trilhar meu caminho com meus próprios pés. Obrigado pela compreensão, força e apoio incondicional que sempre me deram para que essa licenciatura se tornasse real e nunca duvidaram em compreender que para mim a licenciatura é uma grande prioridade, muito obrigado.

O meu especial obrigado, endereço a minha família pelas palavras de esperança, conforto, determinação e por estarem sempre a torcer por mim. Obrigado também as famílias Cuco, Cuna e Macave por abrirem as portas para mim e me integrarem como um filho durante essa caminhada. Aos meus colegas da turma, em especial aos gémeos Helário Alberto Cumaio e Júlio Alberto Cumaio, Necésio Ussaca, Augusto Virgílio, Jussara Didi Dramuce e Edinelcio Guetimela pelo companheirismo, irmandade, serenidade no trabalho e dedicação em todas as actividades.

Agradeço ao Nelson Muzila e Eng. Vicente Matsombe por serem exemplos de seres humanos a serem seguidos pelo seu apoio incondicional. Ao meu supervisor Eng. Paulo Aíde, os meus mais sinceros agradecimentos por ter aceite a orientação do meu trabalho e pelas suas sábias sugestões para a elaboração do mesmo, o meu muito obrigado. A equipe de professores e funcionários da UP- Maputo (Faculdade de Engenharias e Tecnologias), pelos ensinamentos prestados ao longo do curso e consideração. Ao Conselho Municipal de Maputo (Direcção Municipal de Infraestruturas e Urbanização- DMIU) e Construções JJR & Filhos Moçambique, Lda, por me terem dado a oportunidade de estagiar de modo a adquirir mais conhecimentos durante a caminhada académica.

A todos os meus amigos sem esquecer de mencionar Celestino Alberto Langa e Flor Gabriel Timana e aqueles que de uma forma directa ou indirectamente contribuíram para a realização deste trabalho, muito obrigado.

## **DEDICATÓRIA**

*Dedico este trabalho à memória do meu pai e minha esposa que partiram para a glória.  
À toda minha família e em especial a minha mãe Filomena Albino Macave, meu filho Kayke  
Malenga Armilo Mufanequissuane e irmãs Engrácia Castigo Mandlate e Amélia Castigo  
Mandlate pela compreensão, paciência, força, ajuda, atenção e amor incondicional que  
sempre prestaram.*

## **RESUMO**

A estrada é um dos grandes factores para o desenvolvimento de um país. Ela proporciona aos habitantes vários elementos indispensáveis a sua própria vida. O estado de conservação das estradas influi directamente no custo do transporte e na qualidade do produto a ser transportado.

Importa logo após a implantação da estrada o órgão responsável pela gestão da estrada identificar e efectuar as actividades de manutenção necessárias, de modo a permitir que se mantenha uma faixa de rodagem razoavelmente lisa, firme a fim de garantir que o tráfego possa fluir de forma segura, rápida, confortável e económica

A reabilitação de pavimento rodoviário é um processo essencial para manter a qualidade e a segurança das estradas. Essa análise pode ser realizada levando em consideração vários aspectos, como as condições actuais do pavimento, o tráfego esperado, os recursos disponíveis

Com a presente monografia pretende-se analisar os processos construtivos utilizados durante a resselagem do pavimento da avenida do Trabalho, no âmbito do programa de manutenção periódica realizada pela entidade gestora das estradas Municipais na Cidade de Maputo, neste caso o conselho Municipal da Cidade de Maputo.

O projecto em análise completa essencialmente a identificação dos defeitos encontrados no troço em estudo, o método aplicado para reparação das mesmas e o tipo de material aplicado durante a obra, afim de saber se de forma qualitativa conseguiu-se garantir a fluidez e segurança dos usuários.

**Palavras chaves:** Estradas, processos construtivos, manutenção e defeitos.

## **ABSTRACT**

The road is one of the great factors for the development of countries. It provides the inhabitants with several essential elements for their own life. The state of conservation of the roads directly influences the cost of transport and the quality of the product to be transported.

It is important right after the implementation of the road that the body responsible for the management of the road identify and carry out the necessary maintenance activities, in order to allow a reasonably smooth, firm carriageway to be maintained in order to guarantee that the traffic can flow smoothly. safe, fast, comfortable and economical

Road pavement rehabilitation is an essential process to maintain road quality and safety. This analysis can be performed taking into account several aspects, such as current pavement conditions, expected traffic, available resources

The present monograph intends to analyze the constructive processes used during the resealing of the pavement of Avenida do Trabalho, within the scope of the periodic maintenance program carried out by the managing entity of the Municipal roads in the City of Maputo, in this case the Municipal Council of the City of Maputo.

The project under analysis essentially completes the identification of the defects found in the section under study, the method applied to repair them and the type of material applied during the work, in order to know if, in a qualitative way, it was possible to guarantee the fluidity and safety of the users.

**Keywords:** Roads, construction processes, maintenance and defects.

## **Lista de Abreviaturas**

MC-betume fluidificado de cura média

SC-betume fluidificado de cura lenta

RC-betume fluidificado de cura rápida

SS-Emulsão betuminosa de rotura lenta

MS-Emulsão betuminosa de rotura média

RS-Emulsão betuminosa de rotura rápida

PDUL- Projecto de Desenvolvimento Urbano e Local

DNEP- Direcção nacional de Estradas e Pontes

DMIU – Direcção Municipal de Infra-Estruturas Urbanas

JAE- Junta Autónoma de Estradas

DNER- Direcção Nacional De Estradas Rodoviárias

INIR- Instituto de Infra-estruturas Rodoviárias

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

ABGE-Agregado Britado de Granulometria Extensa

UCS- Resistência á compreensão não confinado

CBR- Índice de suporte californiano

EMM- Equipamentos de Medição e Monitorização

## ÍNDICE

DECLARAÇÃO DE HONRA.....	I
AGRADECIMENTOS .....	II
DEDICATÓRIA .....	III
RESUMO.....	IV
ABSTRACT.....	V
Lista de Abreviaturas .....	VI
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Delimitação do tema.....	3
1.2. Problematização .....	3
1.3. Justificativa.....	4
1.4. Hipóteses .....	4
1.5. Objectivos.....	5
1.5.1. Geral .....	5
1.5.2. Específico .....	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	6
2.1. Pavimento Rodoviário.....	6
2.1.1. Funções do pavimento .....	6
2.1.2. Tipos de pavimentos .....	8
2.1.2.1. Pavimentos rígidos .....	9
2.1.2.2. Pavimentos semi-rígidos .....	9
2.1.2.3. Pavimentos flexíveis .....	9
2.1.2.3.1. Materiais constituintes da camada de revestimento do pavimento flexível10	
2.1.2.3.1.1. Agregados .....	10
2.1.2.3.1.2. Ligante .....	11
2.1.2.3.1.2.1. Betume puro.....	12
2.1.2.3.1.2.2. Betumes Fluidificados .....	12
2.1.2.3.1.2.3. Emulsões Betuminosas .....	12
2.1.2.3.1.2.3.1. Tipos de emulsão betuminosa .....	13
2.1.2.3.2. Tipos de revestimento .....	13
2.1.2.3.2.1. Revestimento Superficial .....	13
2.1.2.3.2.2. Revestimento com misturas betuminosas .....	14
2.1.2.3.3. Tipos de regas com materiais betuminosos .....	15

2.1.2.3.3.1. Rega de colagem .....	15
2.1.2.3.3.2. Rega de impregnação .....	15
2.2. Manutenção rodoviária.....	16
2.2.1. Tipos de manutenção rodoviária.....	17
2.2.1.1. Manutenção de emergência .....	17
2.2.1.2. Manutenção de rotina .....	17
2.2.1.3. Manutenção periódica.....	18
2.2.2. Defeitos em Pavimentos .....	19
2.2.2.1. Defeitos Em Pavimentos Asfaltados .....	20
2.3.1. Sistema de drenagem .....	21
2.3.2. Componentes tradicionais de um sistema de águas pluviais .....	22
1. METODOLOGIA.....	25
1.1. Caracterização da Pesquisa .....	25
1.1.1. Quanto a natureza .....	25
1.1.2. Do ponto de vista de objectivos .....	25
1.1.3. Do ponto de vista de procedimentos técnicos.....	25
1.1.4. O ponto de vista da forma de abordagem do problema .....	26
1.1.5. Técnicas de Recolha de Dados .....	26
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	27
2.1. Enquadramento geográfico .....	27
2.2. Distrito municipal de Nhlamankulu .....	29
2.2.1. Descrição do projecto .....	30
2.2.2. Condição do pavimento da Av. de Trabalho antes da reabilitação .....	31
2.2.3. Condição dos órgãos de drenagem da Av. de Trabalho antes da reabilitação ...	32
3. DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	34
3.1. Actividades realizadas para restauração do pavimento.....	34
3.1.1. Identificação dos tipos de defeitos encontrados na avenida do Trabalho.....	34
3.1.1.1. Degradação da superfície.....	34
3.1.1.1.1. Desagregação superficial .....	34
3.1.1.1.2. Buracos .....	35
3.1.1.1.3. Falhas nas arestas.....	35
3.1.1.1.4. Remendos.....	36
3.1.1.2. Defeitos caracterizados por fendilhação.....	36

3.1.1.2.1. Fissuras do tipo pele de crocodilo.....	36
3.1.1.2.2. Fissuras longitudinais e transversais.....	37
3.1.2. Tratamento dos defeitos identificadas .....	38
3.1.3. Resselagem com betão asfáltico ao longo de toda avenida do trabalho.....	42
3.2. Actividades realizadas para restauração dos órgãos de drenagem.....	45
3.3. Análise dos Ensaios Realizados .....	47
3.3.1. Metodologia e plano de inspeção e ensaio.....	47
6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	51
6.1. Conclusão.....	51
6.2. Recomendações.....	52
BIBLIOGRAFIA .....	53
Anexos .....	56

## Índices de figuras

<b>Figura 1:</b> Perfil transversal da estrada; Fonte: (Fernandes, 2016).....	6
<b>Figura 2:</b> Diagrama esquemático da estrutura de um pavimento rodoviário; Fonte: (INIR) ....	7
<b>Figura 3:</b> Agregado Natural, Origem Granítica, Fonte: (SANTOS J. R., 2016) .....	10
<b>Figura 4:</b> Efeito da quantidade do betume numa mistura betuminosa, Fonte: TAVARES, 2016.....	11
<b>Figura 5:</b> Revestimentos superficiais; Fonte: (Fernandes, 2016) .....	14
<b>Figura 6:</b> Pavimentação com mistura betuminosa a quente; Fonte: (Figueiredo, 2011) .....	14
<b>Figura 7:</b> Defeitos em pavimentos asfaltados, adaptado de (PDUL, 2021) .....	21
<b>Figura 8:</b> sarjeta, Fonte: (SANTOS J. P., 2010) <b>Figura 9:</b> sumidouros, Fonte: (SANTOS J. P., 2010).....	23
<b>Figura 10:</b> Câmara de visita típico Fonte: Drenagem Urbana – Manual de Projeto, 1980 ....	24
<b>Figura 11:</b> Localização geográfica da cidade de Maputo .....	27
<b>Figura 12:</b> Divisão administrativa do Município de Maputo (Fonte: Conselho Municipal de .....	29
<b>Figura 13:</b> Localização do troço reabilitado na Avenida do Trabalho; Fonte: Autor.....	31
<b>Figura 14:</b> Roptura do bordo do pavimento, junto a valeta; Fonte: Autor .....	31
<b>Figura 15:</b> Fissura linear; Fonte: Autor .....	32
<b>Figura 16:</b> Faixa de rodagem da Avenida do Trabalho; Fonte: Autor.....	32
<b>Figura 17:</b> Sarjetas assoreadas: Fonte autor.....	33
<b>Figura 18:</b> desagregação superficial; Fonte: Autor.....	34
<b>Figura 19:</b> buracos na Avenida do Trabalho; Fonte: Autor .....	35
<b>Figura 20:</b> Roptura do bordo, na Av. de Trabalho; Fonte: Autor .....	35
<b>Figura 21:</b> Remendos na Av. de Trabalho; Fonte: Autor .....	36
<b>Figura 22:</b> Fissuras do tipo pele de crocodilo na Av. de Trabalho; Fonte: Autor .....	37
<b>Figura 23:</b> Fissuras longitudinais; Fonte: Autor .....	37
<b>Figura 24:</b> Gestão de tráfego durante as obras na avenida do Trabalho; Fonte: Autor .....	38
<b>Figura 25:</b> Demarcação e corte da área patológica; Fonte: Autor .....	39
<b>Figura 26:</b> Remoção do material danificado na área patológicas; Fonte: Autor .....	39
<b>Figura 27:</b> Aterro e compactação da base granular; Fonte: Autor.....	40
<b>Figura 28:</b> Aplicação da rega de colagem; Fonte: Autor.....	40
<b>Figura 29:</b> Aterro e compactação da mistura betuminosa quente; Fonte: Autor.....	41
<b>Figura 30:</b> Selagem do bordo do remendo com emulsão; Fonte: Autor.....	42
<b>Figura 31:</b> Fresamento da superfície do pavimento; Fonte: Autor.....	42
<b>Figura 32:</b> Limpeza do material fresado; Fonte: Autor .....	43
<b>Figura 33:</b> Aplicação da rega de impregnação com MC 30; Fonte: Autor.....	43
<b>Figura 34:</b> Aplicação do betão betuminoso a quente; Fonte: Autor .....	44
<b>Figura 35:</b> Compactação do betão betuminoso com o cilindro de rasto liso; Fonte: Autor ...	44
<b>Figura 36:</b> Compactação do betão betuminoso com o cilindro pneumático; Fonte: Autor ....	44
<b>Figura 37:</b> Sarjeta danificada; Fonte: Autor .....	45
<b>Figura 38:</b> Colocação de colectores plástico; Fonte: Autor.....	46
<b>Figura 39:</b> Construção de caixas de Inspeção; Fonte: Autor .....	46
<b>Figura 40:</b> Construção de sarjetas; Fonte: Autor .....	47

## **Índice de tabela**

<b>Tabela 1:</b> Funções das camadas constituintes de um pavimento adaptado de (MTPW, 2013)	8
<b>Tabela 2:</b> Tipos de pavimentos em função dos materiais e da deformabilidade (Branco F., 2006) .....	9
<b>Tabela 3:</b> Distritos e bairros do Município de Maputo (Fonte: Conselho Municipal de Maputo, 2011).....	28
<b>Tabela 4:</b> Os resultados dos ensaios de Agregado Britado de Granulometria Extensa (ABGE)- Tout- vennat Fonte JJR. ....	48
<b>Tabela 5:</b> Ensaio realizado no betume SS60; Fonte JJR. ....	48
<b>Tabela 6:</b> Ensaio realizado no betume MC 30; Fonte JJR. ....	49
<b>Tabela 7:</b> Ensaio de penetração de betume B50/70; Fonte: JJR.....	50

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo (MARQUES, 2007) O pavimento é uma estrutura construída com a máxima utilidade e o mínimo custo possível, sobre uma superfície obtida pelos serviços de terraplenagem e que tem como primordial função, a de fornecer ao usuário segurança e conforto, sendo que isto só é possível com o auxílio da engenharia. Esta estrutura é construída por meio de camadas de vários materiais de diferentes características de resistência e deformabilidade.

Os pavimentos são classificados em Flexíveis, Rígidos e Semi-Rígidos, sendo que estes diferenciam-se entre si de acordo com a consistência e camadas presentes nestas (MARQUES, 2007).

O pavimento rígido é constituído geralmente por uma única camada superior (laje) de betão de cimento, geralmente cimento *portland*, que funciona simultaneamente como camada de desgaste e de base (RODRIGUES, 2011) , enquanto a estrutura de um pavimento flexível pode ser descrita como um revestimento betuminoso apoiado sobre uma base granular ou de solo estabilizado mecanicamente (MEDINA, 1997).

Os pavimentos que são bem projectados, construídos e mantidos são capazes de oferecer muitos anos de serviço. No entanto, irá ocorrer deterioração durante a vida útil do pavimento ou quando o pavimento estiver sujeito a condições adversas. Essa deterioração pode levar a uma variedade de problemas no pavimento, podendo afectar a capacidade de manutenção da estrada ou a segurança do utilizador da estrada, e levar à danificação do pavimento se não for reparado.

A partir do momento da implantação de uma estrutura de pavimento, cabe ao órgão responsável pela sua gestão identificar e efectuar as actividades de manutenção necessárias, de modo a permitir que o tráfego possa fluir de forma segura, rápida, confortável e económica. As práticas de manutenção são imprescindíveis e, no nosso contexto de gestão da rede viária municipal, visam estender ao máximo a vida útil de cada rua, até que sejam necessárias obras de recuperação materializadas por resselagem ou reconstruções, devendo, portanto, ser iniciadas logo após a sua abertura ao tráfego (PDUL, 2021).

De acordo com F. Gonçalves, citado pelo PDUL, (2021), a manutenção de um pavimento compreende todas as intervenções que afectem, directa ou indirectamente, o nível de serventia actual ou o desempenho futuro do pavimento. A manutenção pode ser de dois tipos

fundamentais: a conservação e a restauração. Um terceiro tipo de intervenção, utilizado quando não se pode aproveitara o pavimento existente, é a reconstrução.

Neste contexto a Avenida de trabalho beneficiou-se de uma restauração do seu revestimento e a reconstrução de alguns órgãos de drenagem, que consiste num processo de se trazer a condição funcional a níveis aceitáveis por meio de intervenções que sejam técnica e economicamente adequadas. Surgindo desta forma o presente estudo que consiste em analisar as actividades decorridas durante a resselagem da avenida de Trabalho, no Município de Maputo, bairro de Chamanculo B.

### **1.1. Delimitação do tema**

O Pavimento é uma estrutura construída com a máxima qualidade e o mínimo custo possível, sobre uma superfície obtida pelos serviços de terraplanagem e que tem como primordial função, a de fornecer ao usuário segurança e conforto, sendo que, isto só é possível com o auxílio da engenharia.

Em relação aos outros melhoramentos urbanos, o sistema de drenagem tem uma particularidade: o escoamento das águas das chuvas sempre ocorrerá, independente de existir ou não sistema de drenagem adequado. A qualidade desse sistema é que determinará se os benefícios ou prejuízos à população serão maiores ou menores.

As qualidades da via têm grande influência na fluidez do tráfego, e também no tempo de vida útil do pavimento assim como da própria via, pois uma via em boas condições facilita o escoamento das águas reduzindo a possibilidade da estagnação das águas no pavimento e conseqüentemente a degradação do pavimento.

A reabilitação tem como principal objectivo melhorar as características estéticas assim como estruturais de uma estrutura, a fim de melhorar as condições da Av. de Trabalho o Conselho Municipal restaurou o pavimento assim como os sistemas de drenagem desta via, o presente trabalho pretende analisar o actual estado da via após a reabilitação.

### **1.2. Problematização**

Com o aumento populacional na cidade de Maputo, uma boa parte de sistema de drenagem e saneamento ficou totalmente sobrecarregados, levando desta forma ao colapso dos sistemas e conseqüentemente a redução de capacidade de resposta dos sistemas de drenagem ao longo da Av. do Trabalho, levando a uma rápida degradação das estradas e concentração de águas o que dificultava uma fluidez de tráfego.

Actualmente a Av. de Trabalho partindo da UP até o mercado Malanga, numa extensão de cerca de 1.8 Km beneficiou de Uma resselagem no pavimento com uma mistura betuminosa, face a essa situação surge-me a seguinte questão: **será que essa reabilitação poderá satisfazer eficazmente a razão da sua construção (melhorar a mobilidade, fluidez do tráfego e o escoamento das águas)?**

### **1.3. Justificativa**

A Av. de Trabalho é uma das principais avenidas de acesso ao centro da cidade, e também de acesso a alguns pontos de povoamento de comércio, destacando mercados grossistas e armazéns. Fazendo desta avenida um lugar com uma fluidez de tráfego intenso principalmente nas horas de pico.

Durante algum tempo a avenida do Trabalho apresentava-se degradada e com sistemas de drenagem funcionando de forma defeituosa, afectando directamente na mobilidade e na fluidez do tráfego, consequentemente no estado de conservação dos veículos dos utentes da via. Recentemente o Conselho Municipal de Maputo levou ao cabo a reabilitação de um troço da avenida do Trabalho, a fim de melhorar o pavimento e alguns órgãos de drenagem.

O que levou a fazer esse estudo foi o interesse em saber até que nível de melhoria, essa reabilitação trouxe nos aspectos mobilidade e fluidez do tráfego, isto é, a reabilitação conseguiu se eficazmente responder aos objectivos referentes a sua reabilitação.

### **1.4. Hipóteses**

#### **Hipótese básica**

1. A reabilitação da Av. do Trabalho vem melhorar de forma significativa a comodidade de circulação e a fluidez no tráfego na via junto também do fácil escoamento das águas pluviais.

#### **Hipótese secundária**

2. A reabilitação da Av. do Trabalho por não abranger toda a avenida, mas uma parte significativa da mesma não melhora a comodidade de circulação para utentes daquela da via, influenciando directamente na fluidez do tráfego.

## **1.5. Objectivos**

### **1.5.1. Geral**

- Analisar a qualidade da reabilitação do pavimento rodoviário da Av. do Trabalho compreendido entre a Universidade Pedagógica de Maputo até ao mercado Malanga.

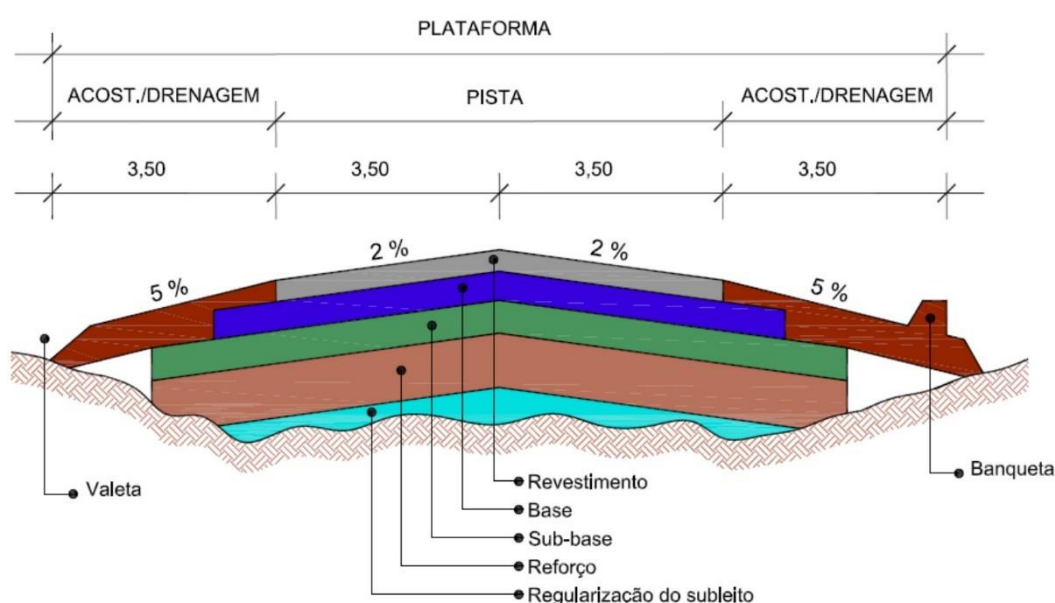
### **1.5.2. Específico**

- Identificar as condições do pavimento rodoviário do troço em estudo;
- Identificar as causas do surgimento dos defeitos do pavimento rodoviário do troço em estudo;
- Apresentar método de execução utilizado na reabilitação de pavimento Rodoviários;
- Propor possíveis soluções para minimizar o surgimento dos defeitos em pavimentos Rodoviários;

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Pavimento Rodoviário

Segundo (VARGAS, 2013) de acordo com a definição estabelecida na Especificação do LNEC E1 de 1962, um pavimento é a “parte da estrada, rua, ou pista, que suporta directamente o tráfego e transmite as respectivas solicitações à infra-estrutura: terreno, obras de arte. Pode ser constituído por uma ou mais camadas tendo, no caso geral, uma camada de desgaste e camadas de fundação. Cada uma destas camadas pode ser composta e constituída por camadas elementares”.



**Figura 1:** Perfil transversal da estrada; Fonte: (Fernandes, 2016).

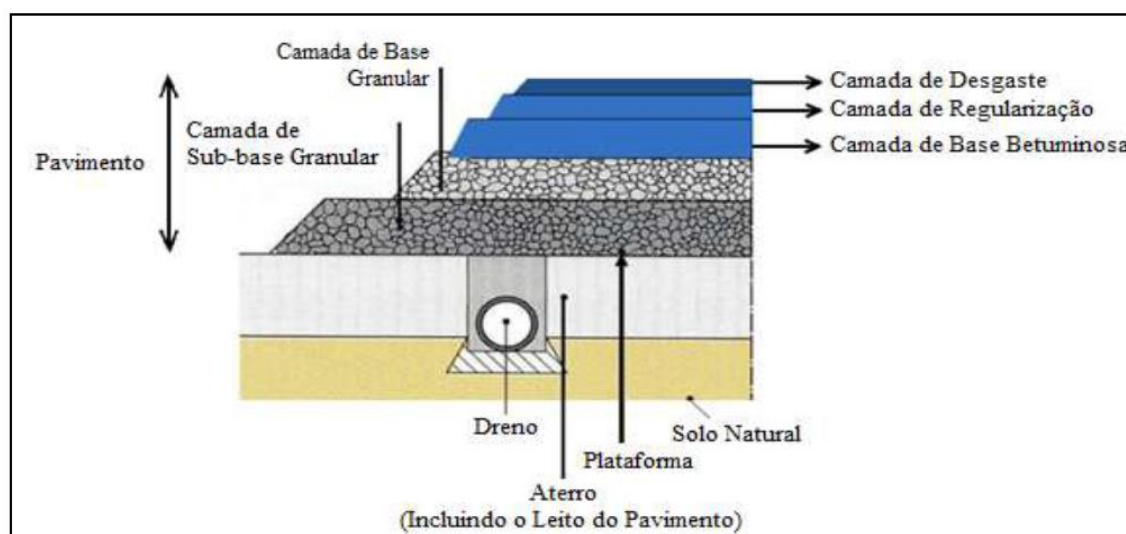
#### 2.1.1. Funções do pavimento

Segundo a NBR-7207/82 da ABNT tem-se a seguinte definição:

"O pavimento é uma estrutura construída após terraplenagem e destinada, econômica e simultaneamente, em seu conjunto, a:

- Resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego;
- Melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança;
- Resistir aos esforços horizontais que nela actuam, tornando mais durável a superfície de rolamento."

De um modo geral, os pavimentos rodoviários são constituídos por três camadas: Camada de revestimento, camadas granulares e o solo de fundação assim como mostra a figura abaixo.



**Figura 2:**Diagrama esquemático da estrutura de um pavimento rodoviário; Fonte: (INIR)

As camadas de revestimento são constituídas por camadas ligadas e têm na sua constituição materiais granulares estabilizados com um ligante, que pode ser hidráulico para pavimentos rígidos e o betume asfáltico para os pavimentos flexíveis. As camadas granulares são camadas com agregados, britados ou naturais e são estabilizadas mecanicamente. O solo de fundação é constituído pelo solo natural, sendo que, em alguns casos, quando o solo de fundação não apresenta as características mecânicas desejadas, pode ser submetido a estabilização ou até adicionado de uma camada de melhor qualidade, constituindo no final o designado “leito do pavimento”.

A resistência mecânica do pavimento é lhe conferida pelas camadas de base e sub-base granulares. Esta resistência é necessária para suportar as cargas verticais induzidas. A camada de base é a camada estrutural do pavimento enquanto a camada de desgaste é a camada superior onde tanto as agressões do tráfego como do clima são exercidas. Esta camada é também importante para a durabilidade da estrutura do pavimento. (Fernandes, 2016)

Cada uma das camadas acima referidas tem a sua própria função no pavimento. Estas funções são apresentadas abaixo.

**Tabela 1:** Funções das camadas constituintes de um pavimento adaptado de (MTPW, 2013)

Camadas do pavimento		Função
Camadas superiores	Desgaste	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adequada circulação do tráfego com conforto e segurança</li> <li>• Drenagem e impermeabilidade</li> <li>• Distribuição das tensões induzidas pelo tráfego</li> </ul>
	Regularização	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Camada estrutural</li> <li>• Regularizar a superfície da camada de base</li> </ul>
	Base betuminosa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Camada estrutural</li> </ul>
Camadas granulares	Base	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Camada estrutural</li> <li>• Degradação das cargas induzidas pelo tráfego</li> </ul>
	Sub-base	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proteger durante a fase construtiva as camadas inferiores</li> <li>• Proteger a base da subida de água capilar</li> <li>• Drenagem interna do pavimento</li> <li>• Resistência a erosão</li> </ul>
Solo de fundação	Leito do pavimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar deformação do solo</li> <li>• Homogeneidade das características mecânicas da fundação</li> <li>• Plataforma construtiva</li> <li>• Possibilidade de compactação das camadas subjacentes em adequadas condições</li> </ul>
	Terreno de fundação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suporte do pavimento</li> <li>• São as suas características que condicionam o dimensionamento</li> </ul>

### 2.1.2. Tipos de pavimentos

Segundo (Fernandes, 2016) baseado em (Branco F., 2006) Para classificação dos pavimentos rodoviários são utilizados dois critérios: o tipo de materiais e a deformabilidade. De acordo com estes critérios podem definir-se os pavimentos como flexíveis, rígidos e semi-rígidos.

**Tabela 2:** Tipos de pavimentos em função dos materiais e da deformabilidade (Branco F., 2006)

<b>Tipo de Pavimento</b>	<b>Materiais (ligante)</b>	<b>Deformabilidade</b>
Flexível	Hidrocarbonatos e granulares	Elevada
Rígido	Hidráulicos e granulares	Muito Reduzida
Semi-Rígido	Hidrocarbonatos, hidráulicos e granulares	Reduzida

#### **2.1.2.1. Pavimentos rígidos**

Nos pavimentos rígidos as suas camadas constituintes são normalmente a camada de desgaste, que contém na sua constituição um betão de cimento de boa qualidade. Esta camada tem uma função estrutural e funcional. Seguidamente temos a camada de sub-base, que tem como principal função a de garantir uma superfície estável, entre muitas outras. Esta camada pode ser constituída por materiais que também são utilizados nos pavimentos flexíveis. (BRANCO, SANTOS, & D., 1998)

#### **2.1.2.2. Pavimentos semi-rígidos**

Os pavimentos semi-rígidos são pavimentos que englobam características comuns aos pavimentos flexíveis e rígidos. Podem dispor de uma camada de sub-base granulares, seguidamente de uma camada de agregado estabilizado com ligante hidráulico e ainda camadas superiores de misturas betuminosas. (Branco F., 2006)

#### **2.1.2.3. Pavimentos flexíveis**

Os pavimentos flexíveis são compostos essencialmente por três camadas. O papel estrutural e funcional é assegurado por uma ou mais camadas superficiais. Estas camadas têm na sua constituição betões betuminosos ou misturas betuminosas. Para as estradas de baixo tráfego podemos apenas optar por um revestimento superficial betuminoso. Este revestimento não desempenha um papel estrutural. O papel estrutural essencial pertence a camada seguinte, a camada de base. Esta reduz e distribui as tensões sobre a sub-base e o solo de fundação. A sua constituição é de misturas betuminosas sendo que para estradas de baixo tráfego podem ser apenas constituídas por materiais granulares batidos de granulometria extensa. A camada de sub-base, permite o apoio da base e também a adequada compactação. Esta camada

permite também defender o solo de fundação do tráfego. É formada por materiais indicados para bases granulares (BRANCO, SANTOS, & D., 1998).

### **2.1.2.3.1. Materiais constituintes da camada de revestimento do pavimento flexível**

Os componentes sólidos de uma mistura betuminosa do tipo Betão Betuminosos são os agregados e o betume, aos quais poderão ser adicionados aditivos para melhoramento das suas características, tais como como fibras, borracha, polímeros ou outros constituintes. Devem ser utilizados apenas materiais constituintes com conformidade comprovada SANTOS J. R. (2016) baseado em (NP EN13108-1).

#### **2.1.2.3.1.1. Agregados**

O agregado é o material granular utilizado na construção que pode ser natural, artificial ou reciclado. O agregado natural tem origem mineral, o agregado artificial é resultante de um processamento industrial e o agregado reciclado decorre de materiais usados na construção e sofreram um processo de reutilização (ESTRADAS DE PORTUGAL, 2014)



**Figura 3:** Agregado Natural, Origem Granítica, Fonte: (SANTOS J. R., 2016)

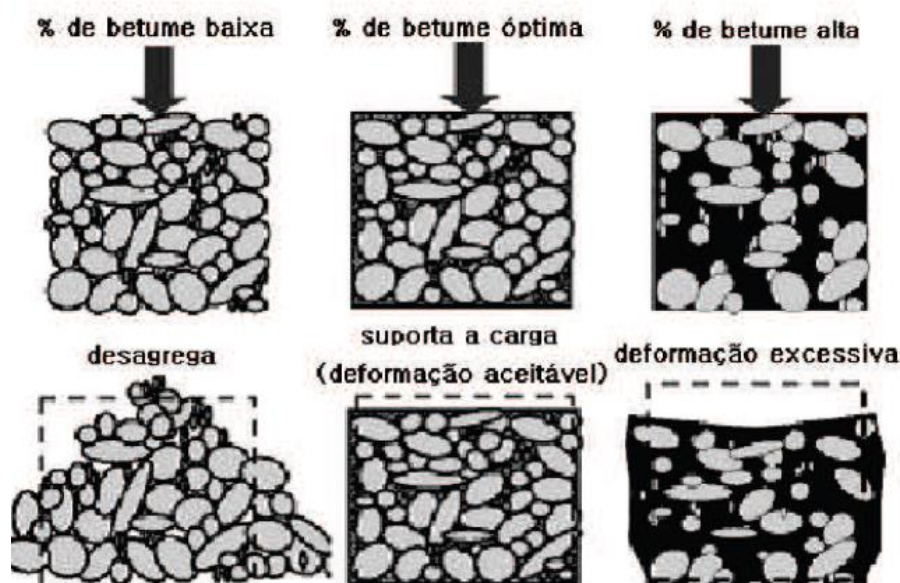
Os agregados correspondem a cerca de 80% do volume global das misturas betuminosas. Estes formam um esqueleto pétreo, que deve ter a capacidade de resistir à acção do tráfego. Os agregados naturais devem apresentar-se homogêneos e não devem conter matéria orgânica ou quaisquer substâncias estranhas. Devem ser pouco suscetíveis à meteorização e apresentarem-se sãos ou pouco alterados (de acordo com os critérios propostos pela Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas ISRM) (SANTOS J. R., 2016).

### 2.1.2.3.1.2. Ligante

Segundo SANTOS J. R. (2016) baseado em Estradas de Portugal (2014), “Ligante Betuminoso” é um material adesivo contendo betume que pode estar sob a forma de não modificado, modificado ou emulsionado. Betume é um material praticamente não volátil, adesivo e impermeável à água, derivado do petróleo bruto que é completamente ou quase todo solúvel em tolueno, muito viscoso e quase sólido à temperatura ambiente.

Existem diversos tipos de ligantes que podem ser utilizados na composição das misturas betuminosas. Contudo geralmente são utilizados os betumes asfálticos provenientes da refinação do crude.

Através da imagem seguinte pode se compreender a influência do betume nas misturas betuminosas perante as ações do tráfego. Caso existe insuficiência do betume na mistura, a mistura betuminosa desagrega, caso for excessiva a mistura torna muito flexível e haverá deformações elevadas, prejudicando a estabilidade da mistura (TAVARES, 2016).



**Figura 4:** Efeito da quantidade do betume numa mistura betuminosa, Fonte: TAVARES, 2016

Um betume deverá estar suficientemente fluído para envolver o agregado, num tempo considerado mínimo para obtenção de uma mistura homogênea; suficientemente viscoso para que não ocorram fenómenos de drenagem durante a mistura, armazenamento e transporte; suficientemente fluído para que a mistura permaneça trabalhável durante a compactação; suficientemente viscoso para suportar a circulação do equipamento de compactação (PIMENTEL, 2013).

Os aglutinantes nos pavimentos flexíveis de origens betuminosas, destacam-se: betume puro, betume fluidificado e emulsões betuminosas.

#### **2.1.2.3.1.2.1. Betume puro**

Segundo (PACHECO, 2011) é uma mistura orgânica complexa de hidrocarbonetos, obtido da destilação do petróleo bruto. O betume é um produto negro que apresenta boas qualidades adesivas, a sua consistência varia muito com a temperatura ficando mole quando aquecido e endurecido quando arrefece, é um aglomerante como cal, ou cimento, mas não precisa de água para fazer presa. O betume é o ligante mais usado em trabalhos de pavimentação rodoviária

#### **2.1.2.3.1.2.2. Betumes Fluidificados**

São ligantes constituídos por betumes asfálticos dissolvidos em gasóleo, petróleo ou gasolina, a ligação do betume aos agregados é conseguida após a volatilização do solvente, podendo este processo (geralmente designado por cura) desenvolver-se de uma forma mais rápida ou menos rápida, consoante a rapidez da evaporação do solvente. Assim designam-se por betumes de cura lenta SC, média MC ou rápida RC, se os solventes usados forem gasóleo, petróleo e gasolina respectivamente (SILVA, 2005).

#### **2.1.2.3.1.2.3. Emulsões Betuminosas**

São sistemas heterogêneos de duas fases, constituídos em dois líquidos imiscíveis: betume e água. Para fins rodoviários utilizam-se, fundamentalmente dois tipos de emulsões as aniónicas e catiónicas, no nosso país a emulsão mais usada é a aniónica, porque essas apresentam facilidade e flexibilidade de aplicação e muita adesão as superfícies motivo pelo qual é muito usada em remendos e impermeabilização de camadas. As designações das emulsões dependem também da rapidez da rotura, existem emulsões de rotura lenta SS (ate 4 horas), de rotura média MS (até 2 horas) e de rotura rápida RS (40min), rotura é o tempo que a água leva para evaporar ao ar livre. (PACHECO, 2011)

### **2.1.2.3.1.2.3.1. Tipos de emulsão betuminosa**

Na região da SATCC são conhecidas as seguintes emulsões aniônicas e catiônicas:

#### **Aniônicas**

- Anionic Stable Grade 60%, SS60

#### **Catiônicas**

- Cationic Spray Grade 60, 65 & 70% (CRS 60, 65 & 70)
- Cationic Premix Grade 60 & 65% (CMS 60 & 65)
- Cationic Stable Grade 60% (CSS 60)

#### **Uso**

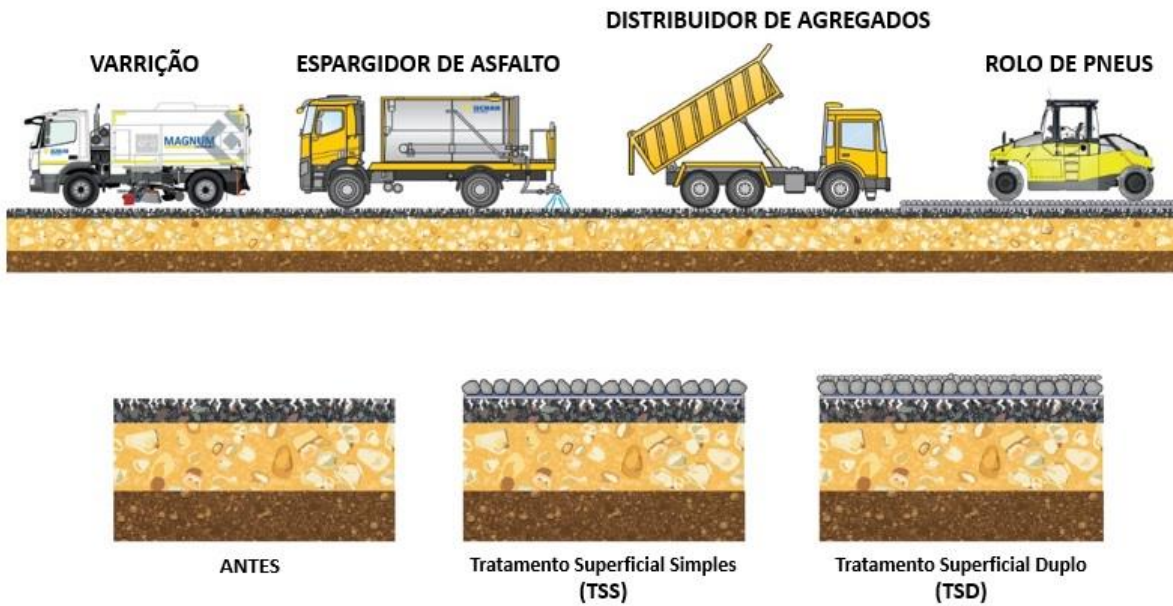
- As emulsões do tipo Stable Grade, de endurecimento lento (SS), são utilizadas no fabrico de lamas asfálticas, de massas asfálticas densas a frio para remendos, em solo estabilizado, e podem servir como rega de colagem para massas asfálticas a quente.
- As emulsões do tipo Spray Grade, de endurecimento rápido (RS), são utilizadas na construção de revestimentos superficiais e são também usadas em aplicações com massas asfálticas a quente.
- As emulsões do tipo Premix Grade, de endurecimento médio (MS) são usadas no fabrico de massas asfálticas a frio de granulometria aberta, para remendos.

Segundo a DNER (1996), os revestimentos dos pavimentos flexíveis são constituídos por associação de agregados e materiais betuminosos, essa associação pode ser feita de duas maneiras: por penetração (revestimentos superficiais) e também através de misturas betuminosas (quente e frio).

### **2.1.2.3.2. Tipos de revestimento**

#### **2.1.2.3.2.1. Revestimento Superficial**

Consiste na aplicação de uma película de ligante betuminoso sobre uma superfície devidamente tratada, seguida do espalhamento e compactação de uma camada de brita, de uma só partícula de espessura. Se aplicar-se nova rega de ligante e se fizer novo espalhamento de brita obtêm-se um revestimento superficial duplo. (DNER, 1996)



**Figura 5:** Revestimentos superficiais; Fonte: (Fernandes, 2016)

Em Moçambique tem-se usado unicamente o betume de penetração B80-100 como ligante para revestimentos superficiais. A colocação de revestimentos superficiais permite atribuir ao pavimento uma superfície desempenhada, impermeável e com uma certa rugosidade, eliminando os problemas de atrito e a projecção de água, permitindo que os condutores circulem com segurança e comodidade (DNEP, 2004).

#### 2.1.2.3.2.2. Revestimento com misturas betuminosas

Consiste numa mistura de agregado e ligante betuminoso. As misturas betuminosas podem ser feitas a quente assim como a frio (DNEP, 2004)



**Figura 6:** Pavimentação com mistura betuminosa a quente; Fonte: (Figueiredo, 2011)

- **Misturas Betuminosas a Frio**

São misturas cujos materiais usados no seu fabrico, são agregados, emulsão betuminosa e eventuais aditivos, podendo ser fabricadas, espalhadas e compactadas a temperatura ambiente (VICENTE, 2006). Esta técnica a frio diminui os custos energéticos e apresenta custos satisfatórios uma vez que atribui ao pavimento boas características superficiais.

- **Misturas Betuminosas a Quente**

São misturas de um ligante, agregados, filler e aditivos, fabricada de modo a que todas partículas de agregado sejam cobertas com uma película de ligante. O seu processo de fabrico implica o aquecimento do ligante e dos agregados numa temperatura não inferior a 150°C e não superior a 180°C, e a sua aplicação em obra é realizada a temperaturas significativamente superiores a temperatura ambiente (90 a 120°C). As condições de transporte e colocação do betão betuminoso são essências para se conseguir uma camada resistente a várias solicitações, conseguindo-se assim retardar o aparecimento de diversas patologias (VICENTE, 2006).

### **2.1.2.3.3. Tipos de regas com materiais betuminosos**

#### **2.1.2.3.3.1. Rega de colagem**

A rega de colagem comumente usada em Moçambique é o betume de grau de penetração 70/100. É usado na construção de revestimentos superficiais como rega de colagem, assim como rega de penetração. É também usado como betume base para o fabrico da maior parte das emulsões e ligantes modificados com polímeros. (DNEP, 2004).

#### **2.1.2.3.3.2. Rega de impregnação**

Rega de impregnação é tratamento dado a uma base em material granular antes da aplicação do revestimento, o material mais usado no nosso país é o MC 30. Porém, pode também usar-se o MC 10. MC 30 é um primário de uso geral, adequado para a preparação da maioria das camadas da base dos pavimentos. Deve ser aquecido a uma temperatura de 50 a 60°C antes da aplicação (PDUL, 2021). A rega de colagem tem como objectivo garantir uma boa ligação da base com o revestimento e de encher (impregnar) os vazios da camada superficial da base, dando-lhe assim maior coesão e protecção contra entrada da água.

MC 10 é um primário de baixa viscosidade, adequado para a impregnação de bases densas estabilizadas. Requer pouco ou nenhum aquecimento antes da aplicação (DNEP, 2004).

## **2.2. Manutenção rodoviária**

A partir do momento da implantação de uma estrutura de pavimento, cabe ao órgão responsável pela sua gestão identificar e efectuar as actividades de manutenção necessárias, de modo a permitir que o tráfego possa fluir de forma segura, rápida, confortável e económica. As práticas de manutenção são imprescindíveis e, no nosso contexto de gestão da rede viária municipal, visam estender ao máximo a vida útil de cada rua, até que sejam necessárias obras de recuperação materializadas por resselagem ou reconstruções, devendo, portanto, ser iniciadas logo após a sua abertura ao tráfego (PDUL, 2021).

De acordo com F. Gonçalves, a manutenção de um pavimento compreende todas as intervenções que afectem, directa ou indirectamente, o nível de serventia actual ou o desempenho futuro do pavimento. A manutenção pode ser de dois tipos fundamentais: a conservação e a restauração. Um terceiro tipo de intervenção, utilizado quando não se pode aproveitar o pavimento existente, é a reconstrução. As definições relativas aos principais tipos de intervenções impetradas nos pavimentos estão apresentadas abaixo:

- **Conservação**

Consiste em intervenções que visam a correcção total ou parcial de deficiências funcionais e a protecção da estrutura do pavimento contra uma degradação mais acelerada durante os anos seguintes.

- **Restauração**

É o processo de se trazer a condição funcional a níveis aceitáveis por meio de intervenções que sejam técnica e economicamente adequadas, o que implica que a durabilidade e o desempenho da solução implementada devem satisfazer requisitos mínimos, além de levarem a um retorno máximo do investimento realizado, dentro das restrições técnicas e operacionais existentes. A restauração requer, portanto, a execução de um projecto de engenharia completo e consistente (PDUL, 2021).

- **Reconstrução**

Consiste na remoção total do pavimento existente e é utilizada quando:

- Os custos de uma restauração superam o da reconstrução do pavimento;

- Não há confiabilidade suficientemente aceitável para o desempenho do pavimento restaurado;
- O pavimento deve ser restaurado, havendo também uma mudança de traçado na rodovia, motivada, por exemplo, pela necessidade de uma elevação do padrão operacional.

### **2.2.1. Tipos de manutenção rodoviária**

As actividades de conservação inserem-se em dois tipos generalizados de manutenção rodoviária: a manutenção de rotina e a manutenção periódica. Existe também um outro tipo de intervenção, a manutenção de emergência, que pode enquadrar-se nas actividades municipais, dependendo do grau de dificuldade que apresente para os meios disponíveis (PDUL, 2021).

Para todos os efeitos, qualquer que seja a intervenção no pavimento ou na estrada, é necessário fazer-se um inventário das patologias que afectam uma determinada secção a intervir (MTPW, 2013).

#### **2.2.1.1. Manutenção de emergência**

Segundo DA SILVA (2021), manutenção de emergência são operações realizadas eventualmente para recompor, reconstruir ou restaurar trechos que tenham sido danificados por um evento extraordinário ou catastrófico, colocando em risco os usuários ou ocasionando a interrupção do tráfego.

#### **2.2.1.2. Manutenção de rotina**

É o conjunto de operações de conservação realizadas com objectivo de reparar um defeito e restabelecer o funcionamento da componente da estrada, garantindo conforto e segurança aos usuários. É o grupo de actividades que, devido à sua extensão, prazo e meios de execução, não são passíveis de planeamento detalhado. A extensão de cada actividade individual é geralmente pequena e é difícil prever a localização e o tempo exactos. Consequentemente, a rede rodoviária deve ser monitorizada regularmente para detectar defeitos. As reparações necessárias são anotadas e programadas para atribuição a uma equipa de manutenção de rotina (PDUL, 2021).

Segundo PDUL (2021), um requisito fundamental de qualquer sistema de gestão de manutenção é que programas de inspecção de rotina sejam estabelecidos, parâmetros-chave de desempenho sejam claramente descritos, incluindo aqueles relacionados a aspectos ambientais e de segurança, e registos de inspecções e quaisquer reparos realizados. Isso não serve apenas para auxiliar na avaliação futura do desempenho dos trabalhos realizados e nas tendências históricas dos custos, mas também para auxiliar em possíveis reivindicações futuras de litígios.

As actividades típicas de manutenção de rotina incluem:

- Superfícies betuminosas - remendo de buracos, fechamento de fissuras, varredura, reparos de quebras de borda;
- Estrutura do pavimento - remendo (escavação e substituição), correção da forma da superfície, estabilização (zonas localizadas), classificação da berma;
- Elementos de drenagem tais como valetas, aquedutos, colectores, caixas de inspecção, drenagem subterrânea, passagens molhadas - limpeza, substituição, verificação de erosões;
- Corte de vegetação à beira da estrada, recolha de lixo, varredura, reparos nas estruturas de retenção;
- Sinais de trânsito - limpeza, reparações, substituição, pintura;
- Marcações de pavimentos - repintar, substituir marcadores reflectivos de pavimentos;
- Sinais, serviços de iluminação, reparações.

#### **2.2.1.3. Manutenção periódica**

É o conjunto de operações de conservação realizadas periodicamente, com o objectivo de evitar o surgimento ou o agravamento de defeitos, reduzindo os requisitos de uma intervenção mais substancial. A manutenção periódica compreende actividades cíclicas, geralmente de um tipo mais caro do que as da manutenção de rotina. A necessidade dessas actividades podem ser previstas e o trabalho planeado (PDUL, 2021).

A manutenção periódica está planeada para ser realizada em intervalos de acordo com o processo normal de gestão do ciclo de vida do pavimento. Tais trabalhos destinam-se a restabelecer a condição superficial ou funcional do pavimento, para impermeabilização ou resistência à derrapagem, sem aumentar a capacidade de carga. Em alguns casos, os trabalhos

de manutenção periódica podem incluir sobreposições de natureza estrutural para garantir pelo menos a vida útil original e que podem prolongar a vida útil do pavimento (PDUL, 2021).

As actividades periódicas de manutenção periódica incluem:

- Revestimento de asfalto;
- Revestimento superficial betuminoso;
- Microrrevestimento;
- Tratamento de enriquecimento ou rejuvenescimento;
- Reparação de passeios;
- Reconfiguração de plataformas de estradas não revestidas;
- Recarga de bermas não revestidas.

### **2.2.2. Defeitos em Pavimentos**

Os pavimentos que são bem projectados, construídos e mantidos são capazes de oferecer muitos anos de serviço. No entanto, irá ocorrer deterioração durante a vida útil do pavimento ou quando o pavimento estiver sujeito a condições adversas. Essa deterioração pode levar a uma variedade de problemas no pavimento, podendo afectar a capacidade de manutenção da estrada e a segurança do utilizador da estrada, e levar à danificação do pavimento se não for reparado (Figueiredo, 2011).

Segundo PDUL (2021), as causas da degradação dos pavimentos podem ser separadas em três grupos:

#### **a) Cargas excessivas**

Neste grupo incluem-se as tensões excessivas, consideradas quer em valor próprio quer em número de repetições (isto é, por um lado, cargas por eixo excessivas, originando deflexões exageradas, tensões superiores aos limites, corte por insuficiência de coesão ou espessura dum camada ou deformabilidade excessiva desta, devido à consolidação ou ao escasso atrito interno; por outro lado, exagero do número de repetições com a consequente fadiga, ou martelamento dum revestimento de espessura insuficiente).

### **b) Condições climáticas e de ambiente**

Neste grupo englobam-se as condições climáticas e de ambiente tais como as variações de temperatura e de teor de água. Com efeito, as variações de temperatura podem provocar variações de volume e de resistência de alguns materiais. Quanto às variações de teor de água, devido às precipitações, evaporações, permeabilidade das camadas, capilaridade e drenagem, podem provocar também variações de volume e de resistência de certas camadas, e plastificação de alguns materiais.

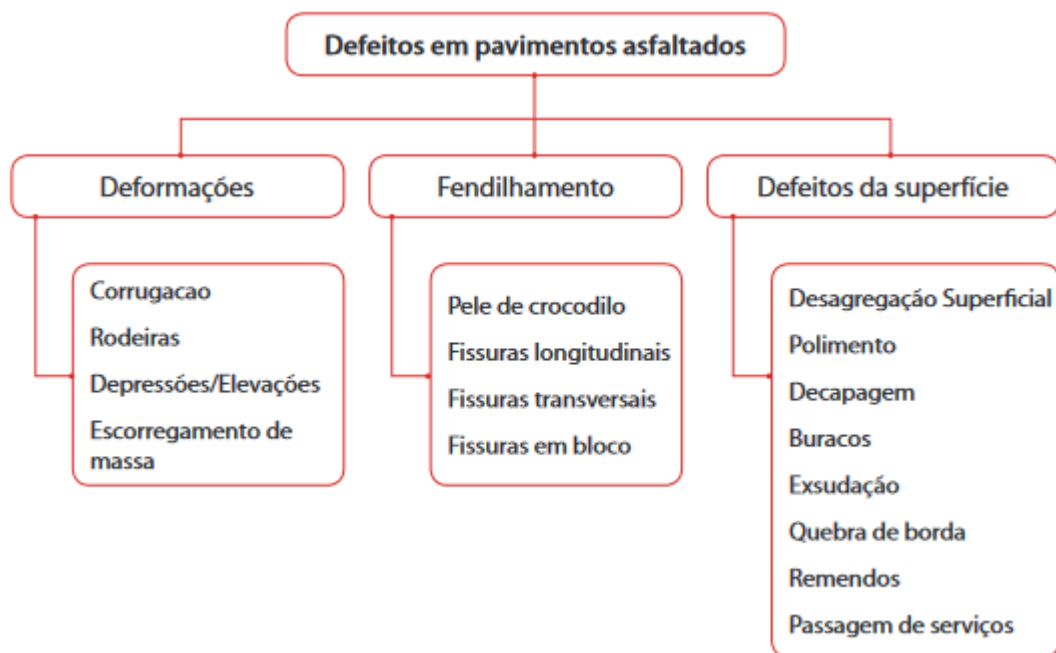
### **c) Alteração das condições inicialmente consideradas**

Neste grupo pode incluir-se a fragilidade estrutural ou degradação das características dos materiais, resultante da fadiga e do envelhecimento dos mesmos, bem como do desgaste interno. Neste grupo podem também incluir-se as técnicas construtivas deficientes, ou o controlo de construção deficiente, os quais podem conduzir a excessos ou insuficiência de ligante, à acumulação de água nas camadas de fundação, à aplicação de materiais de má qualidade.

De modo análogo, para certos casos de danificações, parece poder contribuir a deficiente ou insuficiente conservação, como por exemplo a omissão de selagem das fendas e a deficiente conservação das bermas. O próprio dimensionamento dos pavimentos pode conduzir à respectiva degradação, dada a dificuldade em ter em conta muitas das variáveis intervenientes, e respectiva influência, ou por serem falseadas as condições de aplicação dos métodos de dimensionamento na fase de construção.

#### **2.2.2.1. Defeitos Em Pavimentos Asfaltados**

Segundo o PDUL (2021), a classificação dos defeitos em pavimentos flexíveis asfaltados pode ser dividida em três grupos: Defeitos de Superfície, Fendilhação e Deformações. Cada grupo desdobra-se em vários tipos de defeitos, como ilustra o diagrama da Figura abaixo.



**Figura 7:** Defeitos em pavimentos asfaltados, adaptado de (PDUL, 2021)

Para a realização do trabalho, foram usados diversos métodos e técnicas cuja escolha deve-se à natureza, características e objectivos do próprio estudo. “Metodologia é o caminho a ser percorrido na pesquisa” (PRODANOV & FREITAS, 2013). Nesta etapa, também conhecida como procedimentos metodológicos, o pesquisador, após ter caracterizado o problema, elaborado os objectivos e definido o quadro teórico, delineou os procedimentos (métodos) e as técnicas (materiais) a que foram seguidos na pesquisa.

### **2.3. Considerações gerais sobre a drenagem**

#### **2.3.1. Sistema de drenagem**

O sistema de drenagem urbana actualmente fazem parte de um conjunto de obras públicas que visam a melhoria da qualidade de vida da população existente nas cidades. Seu sistema é concebido por galerias que direccionam as águas provenientes da precipitação de locais que não são desejadas para locais onde seu acúmulo não causa problemas à população (Martins, 2000).

Com a impermeabilização causada pela urbanização toda a água que antes era infiltrada passa a ser canalizada no sistema de drenagem, o que acaba reduzindo o tempo de detenção na bacia hidrográfica, aumento de volume superficial, aumento das vazões, acarretando em problemas no sistema de drenagem e em enchentes e alagamentos. Devido à rápida expansão

urbana nas cidades e a impermeabilização crescente o sistema de drenagem urbana acaba ficando subdimensionado. A solução passa por uma visão integrada da drenagem e da circulação das águas na bacia hidrográfica em muitas situações com a adopção de sistemas alternativos aos do sistema clássico de drenagem (Martins, 2000)

### **2.3.2. Componentes tradicionais de um sistema de águas pluviais**

Um sistema de drenagem de águas pluviais é tipicamente constituído por quatro componentes base, são eles: as redes de colectores, os ramais de ligação, os dispositivos de entrada (sarjetas e sumidouros) e as câmaras de visita.

**A rede de colectores** é o conjunto de tubagens que possibilita o transporte das escorrências pluviais afluentes, desde os dispositivos de entrada até um ponto de lançamento ou destino final (MATOS, 2003). Nas redes mais recentes os colectores são de secção circular e por razões maioritariamente económicas, geralmente constituídos por betão. Recorre-se também a tubos de plástico (principalmente PVC) devido à maior facilidade de instalação, porém para diâmetros grandes como é comum nas redes de águas pluviais, estes tornam-se mais dispendiosos (Neves, s/ data\_a).

Os sistemas de drenagem de águas pluviais podem ser distinguidos em sistemas unitários e sistemas separativos. O Regulamento define, no artigo 116º, que os sistemas de drenagem podem classificar-se em:

- **Separativos**, constituídos por duas redes de coletores distintas, uma destinada às águas residuais domésticas e industriais e outra à drenagem das águas pluviais ou similares;
- **Unitários**, constituídos por uma única rede de coletores onde são admitidas conjuntamente as águas residuais domésticas, industriais e pluviais;
- **Mistos**, constituídos pela conjugação dos dois tipos anteriores, em que parte da rede de coletores funciona como sistema unitário e o restante como sistema separativo;
- **Separativos parciais ou pseudo-separativos**, em que se admite, em condições excepcionais, a ligação de águas pluviais de pátios interiores ao cocletor de águas residuais domésticas

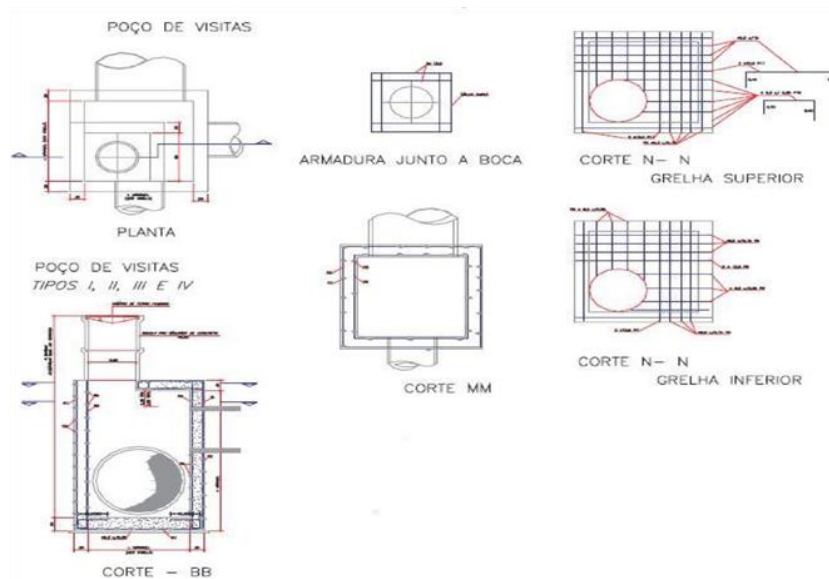
Regra geral, os sistemas separativos são os mais indicados, na medida que previnem a contaminação das águas pluviais e reduzem a quantidade de águas residuais a ser tratada. Na realidade, o regulamento suprarreferido, afirma também no nº1 do artigo 119º que “na concepção de sistemas de drenagem pública de águas residuais (águas pluviais incluídas) em novas áreas de urbanização deve, em princípio, ser adoptado o sistema separativo”. No entanto, podem existir condicionamentos económicos ou técnicos, como por exemplo a existência de um sistema unitário a jusante, ligado a uma estação de tratamento, sem perspectivas de alteração a curto/médio prazo, que inviabilizam a opção separativa (MATOS, 2003).

- **Os ramais de ligação** são troços de tubagem privativa, de um ou vários edifícios, que fazem a ligação da rede predial à rede pública de drenagem (MATOS, 2003).
- **As sarjetas e os sumidouros** são os órgãos do sistema que garantem o acesso das águas pluviais às redes de drenagem (SANTOS J. P., 2010) baseado em (Sousa, 2001). As sarjetas (figura 8) são dispositivos normalmente integrados num lancil de passeio, permitindo a entrada lateral do escoamento, e por sua vez, os sumidouros (figura 5) são dispositivos que podem ser associados a uma valeta ou a um lancil e cuja entrada da água se realiza superiormente, através de uma grade (SANTOS J. P., 2010).



**Figura 8:** sarjeta, Fonte: (SANTOS J. P., 2010) **Figura 9:** sumidouros, Fonte: (SANTOS J. P., 2010)

- **As câmaras de visita** são órgãos destinados a facilitar o acesso aos colectores, permitindo a realização de inspecções, limpeza e manutenção dos colectores, desobstruções, verificação das condições de escoamento e amostragem (MATOS, 2003).



**Figura 10:** Câmara de visita típico Fonte: Drenagem Urbana – Manual de Projeto, 1980

Por vezes podem também existir estações elevatórias, no entanto este tipo de opção deve ser evitado devido aos elevados custos energéticos e de manutenção associados. Para além disso, a grande variabilidade de caudais afluentes ao dispositivo faz com que seja extremamente difícil manter condições de funcionamento satisfatórias (MATOS, 2003).

## **1. METODOLOGIA**

Para a realização do trabalho, foram usados diversos métodos e técnicas cuja escolha deve-se à natureza, características e objectivos do próprio estudo. “Metodologia é o caminho a ser percorrido na pesquisa” (PRODANOV & FREITAS, 2013). Nesta etapa, também conhecida como procedimentos metodológicos, o pesquisador, após ter caracterizado o problema, elaborado os objectivos e definido o quadro teórico, delineou os procedimentos (métodos) e as técnicas (materiais) a que foram seguidos na pesquisa.

### **1.1. Caracterização da Pesquisa**

#### **1.1.1. Quanto a natureza**

Quanto a sua natureza a presente pesquisa é aplicada pois, segundo PRODANOV & FREITAS (2013) tem como objectivo gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais.

#### **1.1.2. Do ponto de vista de objectivos**

Do ponto de vista de objectivos, porque a pesquisa pretende por meio de análises, e da interpretação de fenómenos observados explicar os porquês e as causas do fenómeno, a pesquisa é explicativa segundo (GIL, 2008.). Esse tipo de pesquisa visa identificar os factores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenómenos; “aprofunda o conhecimento da realidade porque explica a razão, o porquê das coisas.

#### **1.1.3. Do ponto de vista de procedimentos técnicos**

Sobre o ponto de vista de procedimentos técnicos a presente pesquisa é bibliográfica, porque recorreu-se a informação do material já publicado, constituído principalmente de: livros, revistas, publicações em periódicos e artigos científicos, jornais, boletins, monografias, dissertações, teses, material cartográfico e internet, com o objectivo de colocar o pesquisador em contacto directo com todo material já escrito sobre o assunto da pesquisa segundo defende (MARCONI & LAKATOS, 2003).

#### **1.1.4. O ponto de vista da forma de abordagem do problema**

Quanto a abordagem a presente pesquisa é quantitativa, por lhe dar com dados mensuráveis, isto é, traduz em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. recorre ao uso de recursos e de técnicas estatísticas (percentagem, média, moda, mediana, desvio-padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão) (PRODANOV & FREITAS, 2013).

#### **1.1.5. Técnicas de Recolha de Dados**

Quanto às técnicas de recolha de dados a pesquisa usou a observação e a recolha da informação junto ao conselho Municipal, com efeito e para a presente pesquisa usou-se a observação directa ou activa, porque permitiu que o autor tivesse oportunidade de assistir à implementação do projecto de construção das valas de drenagem.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 2.1. Enquadramento geográfico

O Município de Maputo tem como núcleo a cidade com o mesmo nome, capital da República de Moçambique e situa-se na parte sul do país.



Figura 11: Localização geográfica da cidade de Maputo

A cidade de Maputo situa-se a 120 km da fronteira com a África do Sul e a 80 km da fronteira com a Suazilândia. A capital de Moçambique localiza-se a oeste da baía de Maputo onde desaguam os rios Tembe, Umbeluzi, Matola e Infulene, a uma altitude média de 47 metros e os seus limites correspondem às latitudes 25° 49' 09" S (extremo norte) e 26° 05' 23" S (extremo sul) e às longitudes 33° 00' 00" E (extremo leste - considerada a ilha de Inhaca) e 32° 26' 15" E (extremo oeste). A norte, a cidade de Maputo faz fronteira com o distrito de

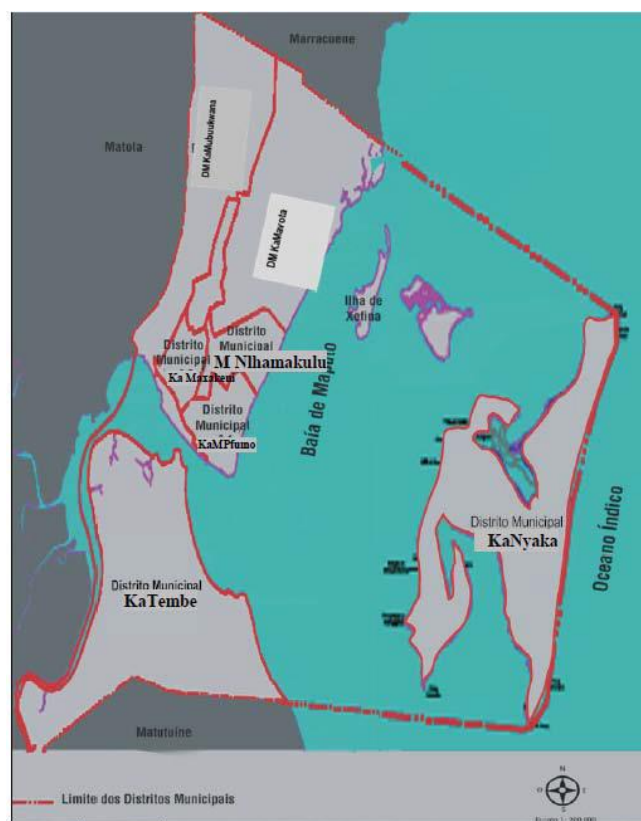
Marracuene, a noroeste e oeste com o Município da Matola, a oeste com o distrito de Boane, e a Sul com o distrito de Matutuíne, todos pertencentes à província de Maputo.

De acordo com a divisão administrativa em vigor, o Município de Maputo subdivide-se em 7 Distritos (Unidade Administrativa Autárquica) e 61 bairros, sistematizados na tabela a seguir e representados na que se segue. Entretanto, a unidade administrativa mais pequena é o quarteirão, que corresponde à subdivisão dos bairros

**Tabela 3:** Distritos e bairros do Município de Maputo (Fonte: Conselho Municipal de Maputo, 2011).

<b>Distritos Municipais</b>	<b>Bairros</b>
KaMpfumu	Central A, Central B, Central C, Alto Maé A, Alto Maé B, Malhangalene A, Malhangalene B, Polana Cimento A, Polana Cimento B, Coop e Sommerchild
Nhlamankulu	Aeroporto A, Aeroporto B, Xipamanine, Minkadjuíne, Unidade 7, Chamanculo A, Chamanculo B, Chamanculo C, Chamanculo D, Malanga e Munhuana
kaMaxakeni	Mafalala, Maxaquene A, Maxaquene B, Maxaquene C, Maxaquene D, Polana Caniço A, Polana Caniço B e Urbanização
kaMavota	Mavalane A, Mavalane B, FPLM, Hulene A, Hulene B, Ferroviário, Laulane, 3 de Fevereiro, Mahotas, Albazine e Costa do Sol
kaMubukwana	Bagamoyo, George Dimitrov, Inhagoia A, Inhagoia B, Jardim, Luís Cabral, Magoanine, Malhazine, Nsalane, 25 de Junho A, 25 de Junho B e Zimpeto
kaTembe	Gwachene, Chale, Inguice, Ncassene e Xamissava
kaNyaka	Ingwane, Ribjene e Nhaquene

O distrito municipal ka Mpfumu representa a zona mais urbana do Município, constituindo o núcleo da cidade de Maputo. Os distritos municipais de Nhlamankulu, ka Maxakeni, ka Mavota e ka Mubukwana localizam-se na zona mista, constituindo a cintura imediata do núcleo urbano da cidade de Maputo, delimitando-a das áreas mais suburbanas e de expansão municipal mais recente. Por seu turno, o distrito ka Nyaka é uma ilha e, à semelhança do distrito ka Tembe, está fisicamente separado do resto da cidade pela baía de Maputo



**Figura 12:** Divisão administrativa do Município de Maputo (Fonte: Conselho Municipal de Maputo, 2011).

## 2.2. Distrito municipal de Nhlamankulu

O distrito municipal de Nhlamankulu apresenta uma população de 155 462 pessoas, sendo que o bairro de Chamanculo C é o que apresenta maior número de habitantes (26 179), seguido pelo bairro do Xipamanine, com 20 139. Numa posição mediana da tabela aparecem os bairros do Aeroporto A, Chamanculo D, Chamanculo A e Chamanculo B, todos com uma população entre 10 e 17 mil habitantes. Já os bairros de Unidade 7, Minkadjuine e Munhuana são os menos povoados, os primeiros dois com cerca de 8 mil habitantes enquanto o último tem apenas 3 103 residentes. Constata-se ainda a existência de mais mulheres (79 263) do que homens (76 199) neste distrito, seguindo a lógica da situação demográfica de todo o Município.

No distrito municipal de Nhlamankulu o número médio de habitantes por km<sup>2</sup> é de 22 816, sendo que a distribuição da população mostra que há maior concentração nos bairros da Malanga e Aeroporto B, ambos com uma densidade populacional acima de 39 mil hab./Km<sup>2</sup>.

Numa posição mediana encontram-se os bairros do Chamanculo C, Chamanculo B, Xipamanine, Chamanculo D, Unidade 7 e Minkadjuine, cuja densidade populacional se situa entre 18 e 30 mil hab./km<sup>2</sup>. Por fim, os bairros de Aeroporto A, Chamanculo A e Munhuana apresentam uma relativa fraca densidade populacional, variável entre 4 e 11 mil hab./km<sup>2</sup>. A quebra na densidade populacional nestes últimos bairros pode ser explicada pelo facto de estes possuírem áreas extensas ocupadas por jardins, parques e estabelecimentos de ensino ou de culto, cuja população utente é recenseada nos seus habituais bairros de residência. No caso particular do bairro do Aeroporto A, acresce a existência do Aeroporto Internacional de Maputo que ocupa uma extensa área, não sendo por isso habitada.

### **2.2.1. Descrição do projecto**

O projecto de reabilitação da Avenida do Trabalho é parte de um programa de actividades de reabilitação das principais avenidas da Cidade de Maputo pelo Conselho Municipal de Maputo, nas quais se destacam as avenidas: Guerra Popular, Julius Nyerere e por fim a Avenida do Trabalho.

No âmbito do cumprimento do PDM 2019-2023, o objectivo estratégico 47, prevê desenvolver e manter de infra-estruturas municipais, através da construção e reabilitação da rede de estradas, incluindo sistemas de drenagem e saneamento;

Para a sua implementação, o CMM recorre a contratação de Empreitadas para a realização de Obras. Com efeito, foi celebrado o contrato de Empreitada para a Manutenção Periódica das Ruas da Cidade de Maputo – Sublote 12.1 – Manutenção Da Av. do Trabalho e Rua de São Pedro, Contrato n.º. OM-72/CMM/DMIU/W/21 com Empreiteiro Construções JJR & Filhos Moçambique, SA, com o prazo de 12 meses, contados a partir da data do início das actividades.

O projecto da reabilitação da Avenida do Trabalho consistiu nas obras da requalificação dos órgãos de drenagem e também a resselagem do pavimento numa extensão de 1.8 Km, partindo da Universidade Pedagógica na brigada até ao mercado Malanga.





**Figura 15:** Fissura linear; Fonte: Autor



**Figura 16:** Faixa de rodagem da Avenida do Trabalho; Fonte: Autor

### **2.2.3. Condição dos órgãos de drenagem da Av. de Trabalho antes da reabilitação**

A avenida do trabalho apresentava uma série de órgãos de drenagem danificados e soterrados, o que impossibilitava um eficaz escoamento das águas pluviais afectando directamente o estado de conservação da via e uma rápida degradação da mesma. As imagens abaixo apresentadas foram tiradas antes da intervenção do Conselho Municipal de Maputo na restauração da avenida supracitada.



**Figura 17:** Sarjetas assoreadas: Fonte autor

### **3. DISCUSSÃO DE RESULTADOS**

#### **3.1. Actividades realizadas para restauração do pavimento**

Durante o processo de restauração do pavimento da avenida do Trabalho foi necessária a realização das seguintes actividades:

- Identificação das patologias e o nível de severidade das mesmas;
- Reparação das patologias de forma isolada;
- Resselagem com betão asfáltico ao longo de toda avenida do trabalho.

##### **3.1.1. Identificação dos tipos de defeitos encontrados na avenida do Trabalho**

Ao longo da avenida do Trabalho foram identificadas uma série de defeitos divididos em 3 principais grupos, dos quais são abaixo mencionados:

- Fendilhamento;
- Degradação da superfície.

###### **3.1.1.1. Degradação da superfície**

Das deformações encontradas ao longo da avenida do trabalho destacam-se:

###### **3.1.1.1.1. Desagregação superficial**

Efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento ou da argamassa fina do revestimento asfáltico, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado pela redução da ligação existente entre o agregado e o ligante devido à oxidação do ligante e pela acção combinada do tráfego e das adversidades climáticas.



**Figura 18:** desagregação superficial; Fonte: Autor

### **3.1.1.1.2. Buracos**

Os buracos são cavidades formadas inicialmente no revestimento do pavimento e possuem dimensões e profundidades variadas. O defeito é muito grave, pois afecta estruturalmente o pavimento, permitindo o acesso das águas superficiais ao interior da estrutura. Também é grave do ponto de vista funcional, já que afecta a irregularidade longitudinal e, como consequência, a segurança do tráfego e o custo do transporte.



**Figura 19:** buracos na Avenida do Trabalho; Fonte: Autor

### **3.1.1.1.3. Falhas nas arestas**

As falhas nas arestas são quebras do revestimento nas bordas da estrada



**Figura 20:** Ruptura do bordo, na Av. de Trabalho; Fonte: Autor

#### **3.1.1.1.4. Remendos**

Porção do revestimento onde o material original foi removido e substituído por outro material (similar ou diferente). Os remendos existentes são geralmente considerados falhas, já que reflectem o mau comportamento da estrutura original, gerando normalmente um incremento na irregularidade longitudinal. Deverá ser avaliada também a deterioração da área remendada. Os remendos são considerados defeitos quando provocam desconforto.



**Figura 21:** Remendos na Av. de Trabalho; Fonte: Autor

#### **3.1.1.2. Defeitos caracterizados por fendilhação**

Dos defeitos caracterizados por fendilhação encontrados ao longo da avenida do trabalho destacam-se:

##### **3.1.1.2.1. Fissuras do tipo pele de crocodilo**

Conjunto de fissuras interligadas sem direcção preferencial, assemelhando-se ao aspecto de couro de crocodilo. Esse defeito ao longo da avenida do trabalho teve como consequência: Fadiga do revestimento asfáltico, acção repetida das cargas de tráfego e perda de suporte nas camadas inferiores devido à má drenagem.



**Figura 22:** Fissuras do tipo pele de crocodilo na Av. de Trabalho; Fonte: Autor

#### **3.1.1.2.2. Fissuras longitudinais e transversais**

Fissura isolada que apresenta direcção predominantemente paralela ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 100 cm é denominada fissura longitudinal curta. Quando a extensão for superior a 100 cm denomina-se fissura longitudinal longa. Das fissuras identificadas ao longo da avenida do trabalho foram causadas por: Contração ou dilatação do revestimento devido ao gradiente térmico ou envelhecimento do asfalto, humidade na estrutura do pavimento causada pelo mau funcionamento dos órgãos de drenagens existentes.



**Figura 23:** Fissuras longitudinais; Fonte: Autor

### 3.1.2. Tratamento dos defeitos identificadas

Os remendos são apropriados para reparar fissuras do tipo pele de crocodilo, buracos, remendos defeituosos ou cortes para atravessamento de serviços, ondulações, inchaços, depressões, fissuras por deslizamento e rodeiras.

Para o tratamento das patologias supracitadas obedeceu-se as seguintes etapas.

1. **Colocação da sinalização provisória**, que consistiu em colocar os sinais com a antecedência suficiente a uma distância de mais ou menos 400 m, para que os condutores pudessem aperceber-se da existência da obra e posteriormente reagirem. A colocação dos sinais obedeceu o esquema abaixo apresentado.



**Figura 24:** Gestão de tráfego durante as obras na avenida do Trabalho; Fonte: Autor

2. **Marcação da área defeituosa**, consiste em marcar a área a ser corrigida, estendendo para fora da área afectada. O contorno deve ser rectangular, com dois lados em ângulo recto em relação à direcção do tráfego. Corta-se o contorno do remendo com uma serra, fresadora ou britadeira.



**Figura 25:** Demarcação e corte da área patológica; Fonte: Autor

3. **Escavação e compactação do solo granular**, consiste em escavar a quantidade de pavimento necessária, incluindo a base granular e o subleito, para obter um apoio firme. Para que o remendo seja parte integrante do pavimento, a sua fundação deve ser pelo menos tão forte quanto o pavimento original.



**Figura 26:** Remoção do material danificado na área patológicas; Fonte: Autor

Para fissuras do tipo pele de crocodilo e buracos, remove-se a base granular fraca e os materiais das camadas inferiores enfraquecidas antes da substituição do revestimento.

As faces da escavação devem ser rectas, verticais e sólidas. Apara-se e compacta-se a base granular ou a camada inferior para estabelecer-se uma base firme.



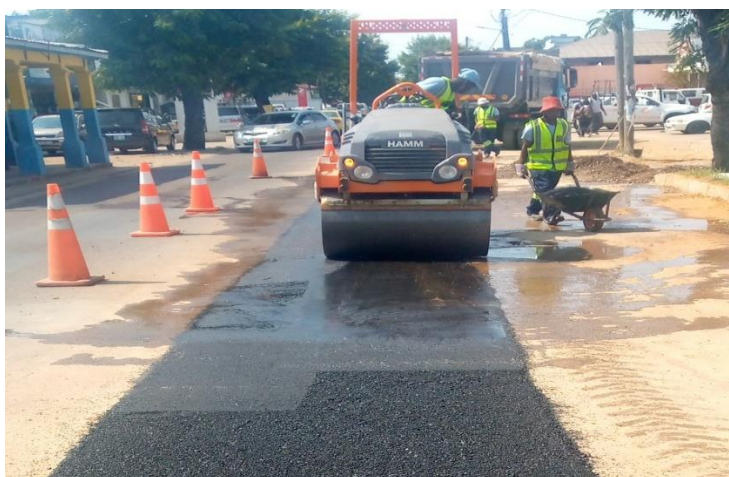
**Figura 27:** Aterro e compactação da base granular; Fonte: Autor

4. **Rega de Colagem**, com o auxílio do pulverizador aplicou-se uma rega de colagem com a emulsão SS 60 nas bordas verticais da escavação e na base da escavação. O ligante aplicado deverá constituir uma película fina sobre as paredes e o fundo do buraco. Demasiado ligante enfraquece a reparação, mas ligante a menos impede uma boa ligação entre a camada existente e a camada a aplicar.



**Figura 28:** Aplicação da rega de colagem; Fonte: Autor

5. **Enchimento e compactação do betão asfáltico**, preenche-se a escavação com betão asfáltico. Baldeia-se o material de remendo directamente do camião e coloca-se primeiro contra as bordas do buraco formatado. Espalha-se o asfalto cuidadosamente para evitar a segregação. Evite puxar o material do centro do remendo para as bordas. Se for necessário mais material na borda, coloca-se ali e remove-se qualquer excesso. Usa-se material suficiente para garantir que, após a compactação, a superfície do remendo esteja nivelada com o pavimento adjacente, não curvada ou deprimida.



**Figura 29:** Aterro e compactação da mistura betuminosa quente; Fonte: Autor.

4. **Selagem do bordo do remendo**, a espessura máxima de elevação depende do tipo de asfalto e do equipamento de compactação disponível. Coloca-se as misturas a quente em camadas tão espessas quanto possível, para aumentar a retenção de calor e facilitar a compactação. Compacta-se muito bem cada camada do remendo. Após a compactação, a superfície do remendo deve estar ao mesmo nível do pavimento circundante.



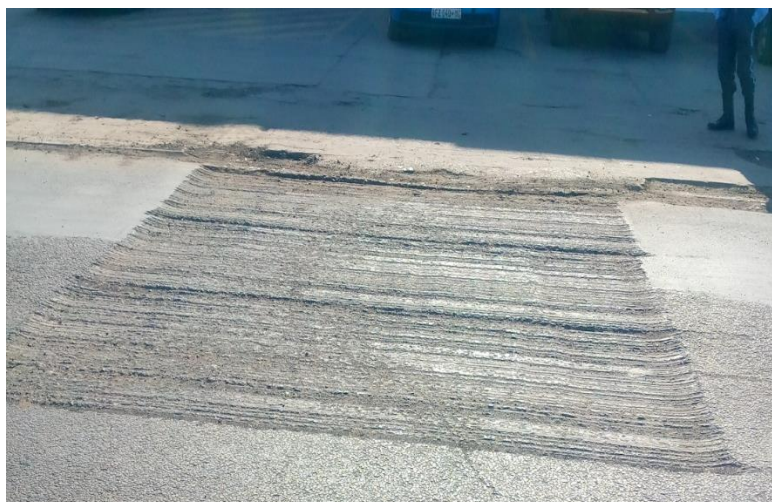
**Figura 30:** Selagem do bordo do remendo com emulsão; Fonte: Autor

### **3.1.3. Resselagem com betão asfáltico ao longo de toda avenida do trabalho.**

A resselagem da avenida do Trabalho abrangeu uma extensão de 1.8 km em que consistiu na colocação de um pavimento asfáltico com uma espessura de 4 cm em toda a sua extensão.

Depois do tratamento das patologias localizadas ao longo da avenida do trabalho recorreu-se a resselagem do pavimento num troço que parte da Universidade Pedagógica até ao mercado Malanga, sendo que esta actividade obedeceu as seguintes etapas:

1. Fresamento do pavimento antigo, que consiste na criação de ranhuras na superfície do antigo revestimento, a fim de que este apresente uma superfície rugosa para que haja uma melhor conexão com os materiais a serem aplicados.



**Figura 31:** Fresamento da superfície do pavimento; Fonte: Autor

2. Limpeza, consiste na remoção material fresado e todas as impurezas existentes no revestimento.



**Figura 32:** Limpeza do material fresado; Fonte: Autor

3. Rega de impregnação com o betume fluidificado MC 30, com objectivo de impregnar o vazio do revestimento antigo e garantir uma boa ligação entre o velho e o novo revestimento.



**Figura 33:** Aplicação da rega de impregnação com MC 30; Fonte: Autor

4. Aplicação do betão betuminoso a quente através da pavimentadora, a uma temperatura de 130°C.



**Figura 34:** Aplicação do betão betuminoso a quente; Fonte: Autor

5. Compactação do betão betuminoso com o cilindro de rasto liso.



**Figura 35:** Compactação do betão betuminoso com o cilindro de rasto liso; Fonte: Autor

6. Compactação do betão betuminoso com o cilindro pneumático.



**Figura 36:** Compactação do betão betuminoso com o cilindro pneumático; Fonte: Autor

### 3.2. Actividades realizadas para restauração dos órgãos de drenagem

Alguns órgãos de drenagem ao longo da avenida de trabalho foram substituídos devido a sua ineficiência, estes órgãos substituídos compreendem dois troços sendo o primeiro compreendido desde a entrada das oficinas da entre posto até a empresa FDC, num troço de mais ou menos 100 metros e outro troço compreendido da entrada do hospital José Macamo, ate a paragem mangueiras, porém houve a construção de um novo colector que foi construído, colocado no troço compreendido deste a entrada até na talude da brigada montada N1. Essa substituição obedeceu os seguintes processos ou ordem:

- 1- Identificação dos órgãos de drenagem danificados;



**Figura 37:** Sarjeta danificada; Fonte: Autor

- 2- Substituição dos antigos colectores de aço galvanizado por colectores de plástico (tubo PVC);



**Figura 38:** Colocação de colectores plástico; Fonte: Autor

3- Restauração ou construção de algumas caixas de inspecção;



**Figura 39:** Construção de caixas de inspecção; Fonte: Autor

4- Restauração ou construção de algumas sarjetas;



**Figura 40:** Construção de sarjetas; Fonte: Autor

### **3.3. Análise dos Ensaios Realizados**

#### **3.3.1. Metodologia e plano de inspeção e ensaio**

O controlo da qualidade dos materiais foi realizado no laboratório da empresa JJR & FILHOS MOÇAMBIQUE S.A., e procedeu de acordo com o estabelecido nas especificações do SATCC.

O laboratório da empresa, encontra equipado com recursos humanos devidamente habilitados e equipamento sujeito a verificações e calibrações periódicas. Os boletins de todos os ensaios encontram-se em anexo:

- Análise Granulométrica.....TMH1 A1
- Limites de Consistência.....TMH1 A2 e A3
- Proctor Modificado.....TMH1 A7
- índice Californiano.....TMH1 A8
- Resistência ao esmagamento (ACV10% FACT) .....TMH1 B1
- Lamelação.....TMH1 B3
- UCS.....TMH1 A14

Em conformidade a obra executada foi monitorada de uma forma contínua pelos Encarregados de Obra e, a um segundo nível, pelo Director de Obra, Director Técnico e Director de Produção. E contou com a fiscalização do Conselho Municipal de Maputo, sendo esta supervisão documentada através de relatórios de mensais conforme aplicável.

Complementarmente o Laboratório, sob a supervisão do Responsável de Laboratório, procedeu à realização dos ensaios laboratoriais definidos no Plano de Inspeção e Ensaios (D.DT01) aprovado pelo dono da obra bem como de outros ensaios requeridos pela fiscalização.

Os resultados dos ensaios e os limites exigidos pelas SATCC são apresentados nos quadros seguinte:

**Tabela 4:** Os resultados dos ensaios de Agregado Britado de Granulometria Extensa (ABGE)- Tout venant Fonte JJR.

<b>Designação</b>	<b>Resultados obtidos</b>	<b>Limites Exigidos - COLTO Table 3402/1/3</b>
Módulo de granulometria	3.4	....
Índice de plasticidade	NP	≤5%
Proctor Modificado	2.127 gcm <sup>3</sup>	....
CBR 100%	96.7%	88%
Resistência ao esmagamento (10% FACT)	235 KN	≥110 KN
UCS3% OPC (100%/95%/90%)	(3.27/2.41/2.02)	1.5 – 3.0 Mpa
DMI	0	≤125
Índice de lamelação	14.3 %	≤35 %

Com base nos resultados obtidos, O Agregado Britado de Granulometria Extensa G1 [ABGE] para ser aplicado em camada de sub-base e base encontra-se dentro dos limites exigidos pelas SATCC.

A Tabela acima indicada apresenta os resultados de CBR que é o ensaio que permite avaliar a resistência dos materiais a penetração, devido a uma carga, sendo que no trabalho de reparação e manutenção da via em estudo foi usado o mesmo material para sub-base e base onde o resultado de CBR obtido é de - 96,7% e que esta dentro dos valores admissíveis, de acordo com a Norma – SATCC.

**Tabela 5:** Ensaios realizado no betume SS60; Fonte JJR.

Características	Método de Ensaio (Norma)	Especificações		Resultados
		Min.	Max.	
Carga das Partículas	ASTM D244/EN 1430	Negativa		Negativa
Teor em Ligante	ASTM D244/ASTM D6997 / EN 1431	60		62
Tempo de Escoamento, Viscosidade	ASTM D7496/ EN 12846	15	45	23
Resíduo no Peneiro	ASTM D6933/ EN 1429		0.1	0.04
Sedimentação	ASTM D 6930/EN 12847	TBR*		*
Estabilidade Mistura com Cimento	ASTM D6935/ EN 12848		2	0.5

Com base nos resultados obtidos, do betume SS 60 para ser aplicado em camada de revestimento encontra-se dentro dos limites exigidos pelas SATCC.

**Tabela 6:** Ensaios realizado no betume MC 30; Fonte JJR.

Características	Norma	Especificações SANS 4001-BT2		Valores Típicos
		Min.	Max.	
Viscosidade Cinemática, 60°C, cSt	ASTM D2170, EN 12595	30	60	44
Viscosidade Dinâmica, 60°C, mPa.s	ASTM 4402, EN 13302	30	70	50
Destilação a 360°C, % V/V:	ASTM D402			
190°C			15	13
225°C		15	60	40
260°C		50	85	55
316°C		85	100	90
Residuo de Destilação a 360°C, % V/v	ASTM D 402	50		53
Viscosidade Dinâmica do residuo destilação, 60°C, Pa.s	ASTM 4402, EN 13302	30		35

Com base nos resultados obtidos, do betume MC30 para ser aplicado em camada de revestimento encontra-se dentro dos limites exigidos pelas SATCC.

**Tabela 7:** Ensaio de penetração de betume B50/70; Fonte: JJR

BINDER PROPERTIES				
Type:50/70			SPEC	
Tests Before RETFOT		Results	Max	Min
Softening Point	°C	49	46	56
<b>PEN@ 25 Deg C</b>	10 <sup>-1</sup> mm	63	50	70
Mass Change	%mass	0.1		0.3
Flash Point	°C	340	230	
Viscosity 135°C	Pa. S	0.37	0.22	0.50
Mixing Temperature	°C	145		
Supplier BSS				
Tests After RETFOT				
Mass Loss/Gain	%			
Elastic Recovery			50	
Softening Point		53	48	
Diference in Softening Point				
Relative Density		1.036		
Compaction Temperature	°C	145		

Com base nos resultados obtidos, Ensaio de penetração de betume B50/70 para ser aplicado em camada de pavimento encontra-se dentro dos limites exigidos pelas SATCC.

## **6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES**

### **6.1. Conclusão**

O Distrito Municipal de Nhlamankulu apresenta uma população de 155 462 pessoas (INE 2017). Neste mesmo Distrito onde cita-se a avenida do Trabalho que beneficiou de uma manutenção periódica no âmbito do cumprimento do PDM 2019-2023, no qual o objectivo estratégico 47, prevê desenvolver e manter de infra-estruturas municipais, através da construção e reabilitação da rede de estradas, incluindo sistemas de drenagem e saneamento, sendo esta avenida parte do sublote 12.1 que compreende a Av. do Trabalho e a Rua de São Pedro, contrato nº. OM-72/CMM/DMIU/W/21.

Antes da reabilitação a avenida do Trabalho apresentava ao longo de um troço de 1.8 km uma série de defeitos no pavimento, desde de buracos ligeiros e profundos, assim como fissuras longitudinais, transversais e em pele de crocodilo. Ao longo da avenida uma série de órgãos de drenagem já não exerciam a função a qual foram projectadas, causadas por diversos factores, alguns colectores encontravam-se colapsados, sarjetas soterradas, caixas de inspecção completamente destruídas.

A reabilitação da Avenida do Trabalho compreendeu um troço de 1.8 km que tem seu início na Universidade Pedagógica (entrada da brigada montada) até o mercado Malanga, que consistiu na resselagem do pavimento, isto é, colocação de uma nova camada de revestimento asfáltico em mistura betuminosa, manutenção e reconstrução dos órgãos de drenagem ao longo da avenida com finalidade de melhorar e flexibilizar o escoamento das águas ao longo no pavimento, evitando desta forma a concentração da água na estrada o que pode certamente reduzir o tempo de vida útil do pavimento.

Com efeito a esta intervenção ao longo da Avenida do Trabalho, notam-se melhorias claras principalmente na fluidez do tráfego, pois devido a existência de defeitos na via antes desta manutenção, as condições do tráfego eram directamente afectadas. É evidente com o estado actual da via que durante e após a ocorrência das chuvas há facilidade e eficácia no direccionamento das águas pluviais na via aos respectivos órgãos de drenagem, contrariando o cenário anterior na qual a via ficava totalmente alagada durante a ocorrência das chuvas.

E com base nos resultados obtidos nos ensaios laboratoriais feitos aos materiais, estes satisfazem os critérios de qualidade exigida.

## **6.2. Recomendações**

- Realização de manutenções de rotina reduzindo desta forma a severidade dos defeitos;
- Reparação de algumas fugas de água referentes a alguns serviços públicos, pois essa fuga tem causado a concentração da água em alguns pontos e consequente a fragilização do pavimento ocasionando o surgimento de um defeito.

## **BIBLIOGRAFIA**


- AUSTROADS. (2009). *Guide to Pavement Technology Unsealed pavements*. Sydney, Australia.
- Branco F., P. P.-S. (2006). *Pavimentos Rodoviários*. Almedina, Coimbra: Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- BRANCO, F., SANTOS, P. L., & D., C. S. (1998). *Vias de Comunicação - Volume 2*. Coimbra: Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- DA PAZ, A. R. (2004). *HIDROLOGIA APLICADA*. Rio Grande do: Universidade Estadual do Rio Grande do.
- DA SILVA, E. O. (2021). *AVALIAÇÃO DE PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS ESTUDO DE CASO - AVENIDA BEIRA-MAR NORTE, FLORIANÓPOLIS*. Florianópolis: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, CENTRO TECNOLÓGICO.
- DNEP. (2004). *Defeitos mais Comuns em Pavimentos de Estradas Revestidas*. Chimoio: Centro de Formação de Estradas.
- DNER. (1996). *Manual de Pavimentação*. Rio de Janeiro: Directoria de desenvolvimento Tecnológico.
- DNIT, D. N. (2006). *MANUAL DE DRENAGEM DE RODOVIAS*. Rio de Janeiro: INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIARIAS .
- ESTRADAS DE PORTUGAL, S. (2014). *Caderno de Encargos Tipo Obra. 14.03 - Pavimentação, Métodos construtivos*. Estradas de Portugal.
- Fernandes, A. C. (2016). *Pavimentos para estradas de baixo tráfego*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Figueiredo, N. (2011). *Avaliação e Conservação de Pavimentos Rodoviários Municipais com Baixo Tráfego-Contribuição para uma Metodologia de Apoio*. Lisboa: Departamento de Engenharia Civil do Instituto Superior Técnico.
- GIL, A. C. (2008.). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. São Paulo: 6. ed. Atlas.
- HENNING T. F. P., G. G. (2008). *The development of gravel deterioration models for adoption in a New Zealand gravel road management system*. New Zealand.: Land Transport New Zealand.
- INIR, I. d. (s.d.). *Directivas para Concepcao de Pavimentos, Criterios de Dimensionamento de Pavimentos*. Instituto de Infraestruturas Rodoviarias .
- JAE, J. A. (1995). *Manual de Concepção de Pavimentos para a Rede Rodoviária Nacional*. Lisboa.

- MARCONI, M. d., & LAKATOS, E. M. (2003). *Fundamentos de Metodologia Científica*. SÃO PAULO: EDITORA ATLAS S.A.
- MARQUES, G. L. (2007). *Pavimentação*. Juiz de Fora: Universidade Federal De Juiz De Fora.
- MARTINEZ, M. V. (1984). *Pozos y acuíferos*. madrid: INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPANA.
- Martins, F. J. (2000). *DIMENSIONAMENTO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DE PASSAGENS INFERIORES RODOVIÁRIAS PARA ÁGUAS PLUVIAIS*. Coimbra: UNIVERSIDADE DE COIMBRA.
- MATOS, J. S. (2003). *Ambiente e Saneamento. Sistemas de Drenagem Urbana*. Lisboa: ITS press,.
- Matos, M. R. (1986)). *Estudos de Precipitação com aplicação no Projecto de Sistemas de Drenagem Pluvial*. Lisboa,Portugal: Informação Técnica, LNEC.
- MEDINA, J. (1997). *Mecânica dos pavimentos*.
- MTPW. (2013). *Design Manual For Low Volume Sealed Roads*. Republic of Malawi: Ministry of Transport and Public Works.
- OLIVEIRA, P. T. (1999). *Relações entre o crescimento urbano e as características da*. Rio de Janeiro: UFRJ.
- PACHECO, H. M. (2011). *Alavaliação de Patologias em Pavimentos Rodoviários e Suas Soluções Corretivas*. Goiais: Universidade Estadual de Goiais.
- PAULINO, & FERNADES, P. (2014). *Estudo sobre a sensibilidade dosparametros dometodo SCS na determinacao de hidrogramas de cheias em bacias urbanas*. Sao Carlos SP.
- PDUL, P. D. (2021). *NORMAS PARA ESTRADAS URBANAS MUNICIPAIS-MANUAL DE CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO DE ESTRADAS URBANAS MUNICIPAIS*. República de Moçambique: Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos, Direcção Nacional de Urbanização e Habitação.
- PIMENTEL, A. C. ( 2013). *Formulação de misturas betuminosas a quente Contribuição para um novo método de formulação*. Lisboa: Dissertação de Tese de Mestrado.
- PRODANOV, C. C., & FREITAS, E. C. (2013). *Metodologia do trabalho científico Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico*. Novo Hamburgo - Rio Grande do Sul - Brasil: 2ª edição.
- RODRIGUES, J. L. ( 2011). *CONCEÇÃO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS*. Porto: FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO.
- SANTOS, J. (2010). *concepcao e dimensionamento das instalações hidráulicas prediais*. lisboa: Instituto Superior de engenharia de Lisboa.

- SANTOS, J. P. (2010). *GESTÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS: MUDANÇA DO PARADIGMA NOS SISTEMAS PÚBLICOS DE DRENAGEM*. PORTO: Faculdade de Engenharia do Porto.
- SANTOS, J. R. (2016). *Misturas betuminosas a quente. Uma análise à abordagem empírica e fundamental da norma de produto*. COIMBRA: UNIVERSIDADE DE COIMBRA, FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA, Departamento de Ciências da Terra.
- SILVA, L. S. (2005). *Contribuição ao Estudo do Envelhecimento de Ligantes Asfálticos*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- TAVARES, R. R. (2016). *Fabrico, Controlo de Qualidade e Colocação de Mistura Betuminosa em Obra*. Leiria: Escola Superior de Tecnologia e Gestão.
- VARGAS, P. M. (2013). *Aplicação de betão britado reciclado em misturas betuminosas para camadas de base*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- VICENTE, A. M. (2006). *A Utilização de Betumes Modificados com Borracha na Reabilitação de Pavimentos Flexíveis*. Universidade do Porto Engenharia Civil: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

# Anexos

- Tabelas de ensaios laboratoriais disponibilizados pela JJR e Filhos Moçambique.



**JJR**  
Moçambique

Internal Code: MZ 659 1/658 2/658 3/658 4 19

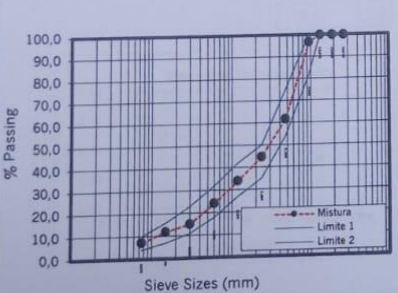
Project: EMPREITADA PARA MANUTENÇÃO PERIÓDICA DAS RUAS DA CIDADE DE MAPUTO

Client: CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO

SAMPLE NO.:  
**01.22 HMA · MIX DESIGN**

**MEDIUM CONTINUOUSLY GRADED ASPHALT**




Sieves		AG#01	AG#02	AG#03	7/10 mm		0/7 mm		OPC		THEO. COMBINED GRADING	DESIGN MIX SPEC		
mm	n°	Gran.	Gran.	0%	Gran.	0%	Gran.	45%	Gran.	54%	Gran.	1%		
26,5					100,0	45,0	100,0	54,0	100,0	1,0	100,0	100,0	100,0	
19,0					100,0	45,0	100,0	54,0	100,0	1,0	100,0	100,0	100,0	
13,2					100,0	45,0	100,0	54,0	100,0	1,0	100,0	100,0	100,0	
9,5					92,6	41,7	100,0	54,0	100,0	1,0	96,7	82,0	100,0	
4,75					17,2	7,7	98,1	53,0	100,0	1,0	61,7	54,0	75,0	
2,360					2,3	1,0	79,0	42,7	100,0	1,0	44,7	35,0	50,0	
1,180					1,4	0,6	60,1	32,5	100,0	1,0	34,1	27,0	42,0	
0,600					1,2	0,5	42,0	22,7	100,0	1,0	24,2	18,0	32,0	
0,300					0,9	0,4	25,6	13,8	99,9	1,0	15,2	11,0	23,0	
0,150					0,6	0,3	19,8	10,7	99,0	1,0	12,0	7,0	16,0	
0,075					0,5	0,2	11,2	6,0	96,5	1,0	7,2	4,0	10,0	
BRD					2,56	1,2	2,51	1,4	3,01	0,03	2,53		≥ 30	
Sand eqv.	%				-	-	-	76	-	-	-		≤ 15	
Water absorp. - 4.75 mm					-	-	-	1,3	-	-	-		≤ 1,0	
Water absorp.+ 4.75mm (%)					-	-	-	0,9	-	-	-			
ACV					-	-	-	18	-	-	-		≥ 180	
10% Fact dry (KN)					-	-	-	240	-	-	-			
10% Fact Wet (KN)					-	-	-	230	-	-	-		≥ 75	
10% Fact Wet/Dry (%)					-	-	-	96	-	-	-		≤ 25	
Flakiness Index					-	-	-	15,8	-	-	-			



Sieve Sizes (mm)

BINDER PROPERTIES					
Type: 50/70		RESULTS		SPEC	
Tests Before RETFOT	Results	Min	Max	Min	Max
Softening Point	°C	49	46	46	56
PEN@ 25 Deg C		63	50	50	70
Mass Change	%mass	0,1	-	-	0,3
Flash Point	°C	340	230	-	-
Viscosity 135°C	Pa. s	0,37	0,22	0,22	0,50
Mixing Temperature	°C	-	145	-	-
Supplier	BSS	-	-	-	-
Tests After RETFOT					
Mass Loss/Gain	%	-	-	-	-
Elastic Recovery		-	53	50	-
Softening Point		-	53	48	-
Difference in Softening Point		-	-	-	-
Relative Density		-	-	1,036	-
Compaction Temperature	°C	-	-	145	-

DESING CRITERIA	SPEC	1	2	3	4	5	Proposal
Binder (%)	-	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	5,3
Max. TRD (Rice) (Kg/m3)	-	2,38	2,36	2,35	2,35	2,33	2,36
BRD (Marshall) (Kg/m3)	-	2,24	2,24	2,25	2,25	2,23	2,25
Voids in Mix (%)	3 - 5	6,0	5,2	4,4	4,3	4,1	4,5
VMA (%)	≥ 14	15,6	15,8	16,1	16,6	17,5	16,1
VFB (%)		61,1	67,4	72,6	73,9	76,6	71,5
Film thickness (um)	≥ 6	6,3	7,1	7,8	8,2	9,1	7,5
Indirect Tensil Strength 25°C (Kpa)	> 800	831	901	897	843	833	895
Marshall Stability (KN)	3.5 - 12.5	11,1	12,1	12,0	11,8	11,0	12,0
Marshall Flow (mm)	2 - 4	2,9	3,2	3,6	3,9	4,3	3,6
Stability/Flow Ratio (KN/mm)	2 - 3.5	3,8	3,8	3,3	3,0	4,6	3,4
Immersion Index (%)	75 min	-	-	-	-	-	96
Filer/Bitumen Ratio	1.0 1.5	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,4

TESTED BY:	VERIFIED BY:	APPROVED BY:
 18-Jan-22	 18-Jan-22	

F.DT36.00

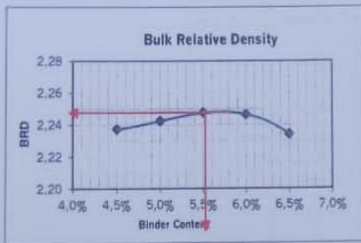


Internal Code:	MZ.659.1/658.2/658.3/658.4.19	Type of Material
Project:	EMPREITADA PARA MANUTENÇÃO PERIÓDICA DAS RUAS DA CIDADE DE MAPUTO	MEDIUM CONTINUOUSLY GRADED ASPHALT
Client	CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO	Sample n.º 01.22 HMA - MIX DESIGN

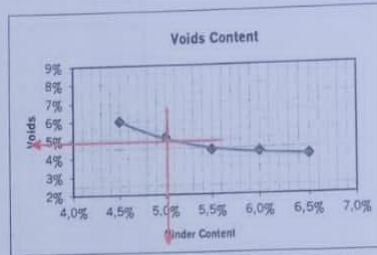
**Test "Marshall"**  
**ASPHALT MIX DESIGN**

Test code: **MD**

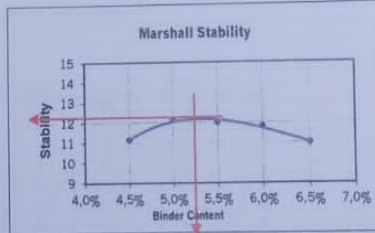
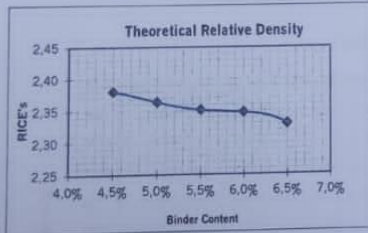
Specification: **THM 1 C1**



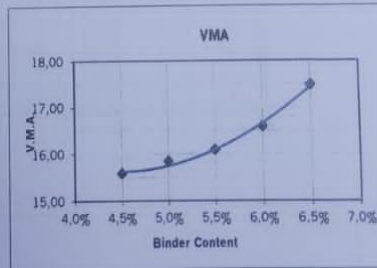
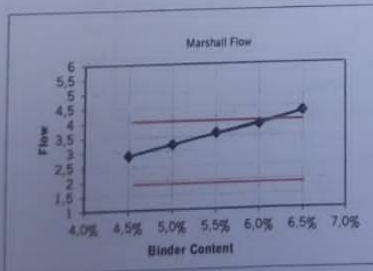
%b = 5,5%



%b = 5,0%



%b = 5,3%



**Optimal bitumen = 5,3%**

Tested by:	Verified:	In accordance: Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
 18-Jan-22	 18-Jan-22	Obs:

F.DT36.00



## FICHA TÉCNICA LANCIL DE BETÃO

Tipo de Material/Produto: Lencil de Betão Fig. 7	Norma:	SATCC SERIES 6000 - 7000 / SANS 927
--	--------	-------------------------------------

LANCIL - FIGURA 7											
	<p>Características Dimensionais</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td>Y1:</td> <td>[mm]</td> <td>180</td> <td style="border-left: 1px solid black;"></td> <td style="text-align: center;">Tolerância</td> </tr> <tr> <td>Y2:</td> <td>[mm]</td> <td>280</td> <td style="border-left: 1px solid black;"></td> <td style="text-align: center;">± 3</td> </tr> </table>	Y1:	[mm]	180		Tolerância	Y2:	[mm]	280		± 3
Y1:	[mm]	180		Tolerância							
Y2:	[mm]	280		± 3							
Características											
Minima Resistência à Flexão	[KN]			:23							
Minima Resistência à Compressão	[Mpa]			:25							
Peso	[Kg]			:95							
Comprimento	[mm]			:1000							

Resistência à flexão					
#Amostra	Idade [Dias]	Y1 [mm]	Y2 [mm]	Resistência à Flexão KN	Conf. / Não Conf. Conformidade
#01	28	180,0	280,0	27,5	Conforme
#02	28	180,0	280,0	27,0	Conforme
#03	28	180,0	280,0	28,1	Conforme
#04	28	180,0	280,0	28,3	Conforme

Resistência à Compressão							
#Amostra	Idade [Dias]	Comprimento [mm]	Largura [mm]	Altura [mm]	Peso [Kg]	Area [mm <sup>2</sup> ]	Resistência à Compressão N / N/mm <sup>2</sup>
#01	7	150,0	150,0	150,0	7.792	22500	501900 / 22,3
#02	7	150,0	150,0	150,0	7.800	22500	510000 / 22,7
#03	7	150,0	150,0	150,0	7.796	22500	509400 / 22,6
#04	28	150,0	150,0	150,0	7.805	22500	700800 / 31,1
#05	28	150,0	150,0	150,0	7.854	22500	730500 / 32,5
#06	28	150,0	150,0	150,0	7.811	22500	722300 / 32,1

Média da resistência à flexão	SANS 927 / SANS 5864	Mpa	27,7	≥ 20.5KN
Média da resistência à Compressão	SANS 5863	Mpa	31,9	≥ 25Mpa
Máx. Razão A/C			0,55	
Resistência ao escorregamento/deslizamento			Satisfatório	

Elaborado		Aprovado	
	Responsável Laboratório		Departamento de Qualidade
Data	08 / 02 / 2022	Data	08 / 02 / 2022

F.DT106.00

## FICHA TÉCNICA ANÉIS, CÚPULAS

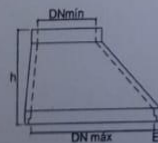
### ANEL DE BETÃO SIMPLES



Designação	Referência	Diâmetro Nominal (mm) DN	Altura (mm) h	Espessura (mm) E	Peso Peça (Kg)	Classe
ANS 1000x300 C30	ANS111	1000 ± 20	300 ± 10	100 ± 10	261	C30
ANS 1000x500 C30	ANS112	1000 ± 20	500 ± 10	100 ± 10	430	

ANS – Anel de Betão Simples

### CÚPULA CÚPULA EXCÊNTRICA DE BETÃO SIMPLES



Designação	Referência	Diâm. Max. (mm) DN <sub>Máx</sub>	Diâm. Min. (mm) DN <sub>Mín</sub>	Altura (mm) h	Espessura (mm) E
CES 100x580x900	CES200	1000 ± 20	580 ± 10	900 ± 20	100 ± 10



DONO DE OBRA: CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO		
		
PLANO DE CONTROLO LABORATORIAL		Data: Fevereiro de 2022 Revisão: 00 Pág. 15 de 8
EMPREITADA: MANUTENÇÃO PERIÓDICA DAS RUAS DA CIDADE DE MAPUTO		



Figura 2 – Estufa



Figura 3 – Misturador de pasta de cimento



Figura 5 – Equivalente de Areia



Figura 6 – Limits de Atterbergs





DONO DE OBRA: CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO		
		
PLANO DE CONTROLO LABORATORIAL		Data: Fevereiro de 2022 Revisão: 00 Pág. 16 de 8
EMPREITADA: MANUTENÇÃO PERIÓDICA DAS RUAS DA CIDADE DE MAPUTO		



Figura 7 - Viscosidade saybolt furol



Figura 8 - Prensa (Marshall/CBR/ITS/UCS)





DONO DE OBRA: CONSELHO MUNICIPAL DE MAPUTO	
	
PLANO DE CONTROLO LABORATORIAL	Data: Fevereiro de 2022 Revisão: 00 Pág. 17 de 8
EMPREITADA: MANUTENÇÃO PERIÓDICA DAS RUAS DA CIDADE DE MAPUTO	



Figura 11 – Prensa (Cubos/ACV)



Figura 12 - Balança hidrostática

### 3.3. Controlo de EMM'S

As medições e ensaios efectuados que se destinam a assegurar a conformidade dos trabalhos executados face aos requisitos exigíveis, empregam equipamentos de medição que asseguram a exactidão das medições efectuadas. A empresa mantém um laboratório, que se encontra equipado com recursos humanos devidamente habilitados e equipamento sujeito a verificações e calibrações periódicas de acordo com as normas em vigor, a fim de garantir a consistência dos resultados obtidos nas medições efectuadas com a exigência requerida em cada situação, de acordo com a Instrução Operacional – EMM aplicada na empresa.



### SECÇÃO TRANSVERSAL DA AVENIDA DO TRABALHO

