



UNIVERSIDADE  
E D U A R D O  
MONDLANE

**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA CIVIL**

**Requalificação do Sistema de Drenagem, Construção de um Pavimento Rígido e Construção de uma Vala de Drenagem em Betão, Estrada N1 – Troço Brigada Montada-Zimpeto**



**RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL**

Celestino Armindo Come

Supervisores: Eng.º Celso Nicols (FE – UEM)

Eng.º André Chongo (DPANE, IP)

Eng.º Inocêncio Guambe (TÉCNICA)

Maputo, Janeiro de 2025

**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA CIVIL**

**Requalificação do Sistema de Drenagem, Construção de um Pavimento Rígido e Construção de uma Vala de Drenagem em Betão, Estrada N1 – Troço Brigada Montada-Zimpeto**

Relatório de estágio profissional apresentado no Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade de Eduardo Mondlane para a obtenção do grau de Licenciatura.

---

Celestino Armindo Come

Supervisores: Eng.º Celso Nicols (FE – UEM)  
Eng.º André Chongo (DPANE, IP)  
Eng.º Inocêncio Guambe (TÉCNICA)

Maputo, Janeiro de 2025



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DE ESTÁGIO**  
**PROFISSIONAL**

Declaro que o estudante \_\_\_\_\_  
entregou no dia \_\_\_/\_\_\_\_\_/20\_\_ As --- cópias do relatório do seu Trabalho de  
Licenciatura com a referência: \_\_\_\_\_

Intitulado: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Maputo, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_

O chefe da Secretaria

\_\_\_\_\_

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais, a minha avó, a minha irmã, aos primos e amigos que sempre acreditaram em mim e fizeram todo o esforço para que este resultado chegasse, incentivando, acompanhando e enfrentando comigo as dificuldades que foram surgindo nesta caminhada.

Muito obrigado

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus pelo dom da vida, pela sua misericórdia e graça que se tem manifestado em minha vida e pelas maravilhas que o Senhor tem me proporcionado dia após dia, sem a sua vontade este trabalho não seria possível.

Quero agradecer profundamente a minha mãe, os meus tios, em especial ao tio Abílio Eduardo Bambo e a tia Violeta Eduardo Bambo, a minha irmã e primos, em especial a Eduarda Lúcia e Carsénia Mazive, pelo apoio moral, motivacional e financeiro que me têm proporcionado durante este percurso enquanto pessoa e estudante, estes que tanto se esforçaram para que nenhuma dificuldade fosse motivo para que eu parasse, o meu muito obrigado família.

Aos Engenheiros Ibrahim Remane e Baptista de Melo, pelas oportunidades que me foram concedidas de poder durante o processo de formação.

Aos profissionais da ANE – Delegação Provincial de Maputo, pelo acolhimento orientação e oportunidade concedida de poder ser integrado no programa de estágios profissionais, pelos ensinamentos partilhados e pela prontidão em ajudar sempre que lhe fosse solicitada, ao departamento da Fiscalização, em especial aos Engenheiros André Chongo, Inocêncio Guambe, Revelino Langa e Carimo António pelo acompanhamento durante o estágio e o ensinamento e conselhos dados.

Aos meus colegas de estágio Tanilza e Danilo Chicundzo pelo apoio moral e partilha de conteúdos de relevância para a elaboração deste trabalho

À Universidade Eduardo Mondlane, a Faculdade de Engenharia, a todos docentes e funcionários que contribuíram para garantir o meu processo de formação na academia, em especial ao meu supervisor Engenheiro Celso Nicols, os seus ensinamentos começaram na sala de aulas até a materialização deste trabalho, o meu muito obrigado.

Não me esqueço dos colegas e amigos que comigo na academia dividiram a carteira proporcionando momentos e ambientes de aprendizagem memoráveis, em especial ao Jorge Niquice, Cleide Santos, Aida Alfândega, Jürgen Sambo, Luís Nhamtumbo, Luís Alexandre, Florinda Alfredo e Edilson Bento.

A todos que directa ou indirectamente, tornaram a realização deste trabalho possível o meu muito obrigado.

## **Resumo**

A construção de estradas é um processo complexo e longo que envolve várias fases, desde o planeamento até a aplicação do selante asfáltico devendo ser realizada de forma responsável e sustentável, considerando os benefícios para a sociedade e o meio ambiente. A drenagem de estradas é uma parte crucial no que diz respeito ao processo de construção de estradas que requer investimentos significativos para a sua elaboração e manutenção. No entanto, a ausência deste sistema pode dobrar esses custos. Neste presente trabalho fez-se o acompanhamento de 3 obras no âmbito da Manutenção periódica realizada na Estrada N1 a destacar: a requalificação do sistema de drenagem no bairro 25 de Junho, a substituição do pavimento flexível para pavimento rígido em Bagamoio e a construção de uma vala de drenagem no bairro de Zimpeto, cidade de Maputo.

A intervenção no bairro 25 de Junho deu-se na intersecção das avenidas de São Paulo e São Pedro com a Estrada N1, movida pelo fraco desempenho que o antigo sistema tinha face as necessidades actuais do bairro, as necessidades de trabalhos de limpeza conjugadas com o facto destas condutas possuíram um diâmetro de 600mm o que dificultava a realização de trabalhos de limpeza no sistema. A requalificação do sistema consistiu em trocar as condutas por condutas com diâmetro de 1000mm de modo a melhor responder as necessidades de escoamento actuais e permitir trabalhos de limpeza quando necessários e para tal foi feito um corte do pavimento para a substituição das condutas e depois a estrutura do pavimento foi reposta. A intervenção no bairro de Bagamoio deu-se na intersecção da Estrada N1 e a rua de pavês de Bagamoio, teve como objectivo responder ao problema de acumúlo de água que se registava naquela secção em tempos de chuva, tendo se optado por substituir o pavimento flexível e executar um pavimento rígido a uma cota ligeiramente superior que a do pavimento flexível. A intervenção no bairro de Zimpeto exactamente na paragem Coqueiros ao lado do CHINA MALL, a vala de drenagem foi executada com o objectivo de conduzir as águas pluviais que se acumulavam sobre a Estrada N1 nesta secção para o rio Mulaúze.

Para a execução destas obras foram observados os procedimentos de construção vigentes na Norma de Execução da ANE, 2015.

**Palavras Chave:** Manutenção, Drenagem, Vala, Estrada e Pavimento.

## **Abstract**

Road construction is complex and long process that involves several phases, from planning to the application of asphalt sealant and must be carried out in a responsible and sustainable way, considering the benefits for society and environment. Road drainage is a crucial part of the road construction process that requires significant investment for its design and maintenance. However, the absence of this system could double these costs. In this present work, 3 works were monitored with the scope of periodic maintenance carried out on Estrada N1, highlighting: the requalification of the drainage system in the 25 de Junho neighborhood, the replacement of flexible pavement for rigid pavement in Bagamoio neighborhood and the construction of a drainage ditch in the neighborhood of Zimpeto, Maputo city, Mozambique.

The intervention in the 25 de Junho neighborhood took place at the interception of Sao Paulo and Sao Pedro avenues with Road N1, driven by the poor performance that the old system had in relation to the current needs of the neighborhood, the need for cleaning work combined with the fact that these the pipes had a diameter of 600mm, wich made cleaning the system difficult. The requalification of the system consisted of exchanging the ducts for the ducts with a diameter of 1000mm in order to better meet current drainage needs and allow for cleaning work when necessary. To this end, a cut was made in the floor to replace the ducts and then the structure of the pavement was restored. The intervention in the Bagamoio neighborhood took place at intersection of Road N1 and Bagamoio's paved street, with the aim of responding to the problem of water accumulation that occurred in that section in times of rain, and the decision was made to replace the flexible pavement and create a rigid pavement at a level slightly higher than that of the flexible pavement. The intervention in the Zimpeto neighborhood exactly at Coqueiro's stop next do the CHINA MALL, the drainage ditch was built with the aim of directing the rainwater that accumulated on the N1 Road in this section to the Mulaúze's River.

To carry out these works, the construction procedures in force in the Normas de Execução da ANE, 2015, we observed.

**Keywords:** Maintenance, Drainage, Ditch, Road and Pavement.

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**ANE** – Administração Nacional de Estradas.

**ANE – IP** – Administração Nacional de estradas, Instituição Pública.

**DPANE, IP** – Delegação Provincial da Administração Nacional de Estradas, Instituição Pública.

**EDM** – Eletricidade de Moçambique.

**AdRMM** – Águas da Região Metropolitana de Maputo.

**RIANE** – Regulamento Interno da Administração Nacional de Estradas.

**l** – litro.

**m<sup>2</sup>** – metros quadrados.

**cm** – centímetros.

**m** – metro.

**km** – quilómetros.

**mm/h** – milímetros por hora.

**N** – Newton.

**SATCC** – Southern Africa Transport and Communications Commission.

**Estrada N1** – Estrada Nacional n.º 1.

**BTB** – Base Tratada com Betume.

**MOPHRH** – Ministério das Obras Públicas Habitação e Recursos Hídricos.

**RA** – Repartição de Aquisição.

**RGDTI** – Repartição de Gestão Documental e Tecnologias de Informação.

## **ESTRUTURA DO TRABALHO**

O presente trabalho apresenta-se subdividido em 8 capítulos, obedecendo a seguinte estrutura:

- **Capítulo 1:** introdução, onde é apresentada a temática do estágio, objectivos e metodologia;
- **Capítulo 2:** apresentação da organização onde decorreu o estágio;
- **Capítulo 3:** revisão da literatura sobre pavimentos e drenagem;
- **Capítulo 4:** descrição do desenvolvimento das actividades durante o estágio;
- **Capítulo 5:** análise dos problemas verificados em campo;
- **Capítulo 6:** conclusão e recomendações;
- **Capítulo 7:** referências bibliográficas;
- **Capítulo 8:** Anexos, visitas efectuadas durante o estágio.

## Índice

CAPITULO I.....	1
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Generalidades.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Contextualização.....</b>	<b>1</b>
<b>1.3. Objectivos.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3.1. Geral.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3.2. Específicos.....</b>	<b>2</b>
<b>1.4. Justificativa.....</b>	<b>2</b>
<b>1.5. Metodologia.....</b>	<b>3</b>
<b>1.6. Cronograma de actividades.....</b>	<b>3</b>
CAPITULO II.....	4
<b>2. DESCRIÇÃO GERAL DA INSTITUIÇÃO.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Generalidades.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2. Organização da instituição.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2.1. Delegação Provincial de Maputo.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2.2. Competências da ANE.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2.3. Estrutura organizacional da ANE, IP-DPM.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2.4. Rede de estradas da província de Maputo.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.5. Funções e departamentos da Instituição.....</b>	<b>6</b>
CAPITULO III.....	9
<b>3. REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>9</b>
<b>3.1. Estradas.....</b>	<b>9</b>
<b>3.2. Classificação de estradas.....</b>	<b>9</b>
<b>3.3. Sistema de numeração.....</b>	<b>10</b>
<b>3.4. Rede de estradas classificadas por província.....</b>	<b>11</b>
<b>3.5. Pavimentos rodoviários.....</b>	<b>11</b>
<b>3.5.1. Funções do pavimento.....</b>	<b>11</b>
<b>3.5.2. Tipos de pavimento.....</b>	<b>12</b>
<b>3.5.3. Caracterização das camadas de um pavimento.....</b>	<b>13</b>
<b>3.6. Comparação da distribuição de tensões em pavimentos rígidos.....</b>	<b>16</b>
<b>3.7. Manutenção de estradas pavimentadas.....</b>	<b>16</b>
<b>3.7.1. Tipos de manutenção de estradas.....</b>	<b>17</b>
<b>3.8. Patologias em pavimentos.....</b>	<b>17</b>
<b>3.8.1. Classificação das patologias em pavimentos.....</b>	<b>18</b>
<b>3.9. Drenagem.....</b>	<b>26</b>

3.9.1. Tipos de drenagem .....	26
3.10. Aspectos hidráulicos .....	29
3.10.1. Escoamento com superfície livre.....	29
CAPITULO IV .....	31
4. ATCIVIDADES DESENVOLVIDAS PELO ESTAGIÁRIO DURANTE O ESTÁGIO .....	31
4.1. Considerações gerais.....	31
4.2. Requalificação do sistema de drenagem no bairro de 25 de Junho.....	32
4.2.1. Demarcação e início de corte do pavimento para a escavação.....	33
4.2.2. Escavação para sondagem de passagem de serviços .....	34
4.2.3. Fornecimento de material .....	35
4.2.4. Assentamento das manilhas .....	36
4.2.5. Preparação do betão .....	37
4.2.6. Construção da caixa de ligação.....	38
4.2.7. Construção da caixa de inspeção .....	39
4.2.8. Reposição das camadas do pavimento.....	41
4.2.9. Fornecimento de material para a reposição das camadas de pavimento.....	42
4.2.10. Colheita de material para o ensaio em laboratório.....	44
4.2.11. Rega de impregnação com MC30.....	45
4.2.12. Rega de colagem com emulsão betuminosa (fog spray).....	46
4.2.13. Trabalho de asfaltagem .....	47
4.2.14. Selagem das juntas.....	51
4.2.15. Selagem de fissuras no pavimento .....	52
4.2.16. Reposição da estrutura de pavimento em pavê e lancil .....	53
4.3. Remoção e substituição do pavimento flexível para pavimento rígido em Bagamoio ..	57
4.3.1. Demarcação e início do corte do pavimento .....	58
4.3.2. Colocação da armadura e cofragem para o betão.....	59
4.3.3. Fornecimento de betão e rega da área de betonagem .....	60
4.3.4. Betonagem, espalhamento e adensamento do betão .....	61
4.3.5. Nivelamento, acabamentos e regularização .....	63
4.3.6. Cura.....	64
4.4. Construção de uma vala de drenagem no bairro de Zimpeto.....	65
4.4.1. Escavação.....	66
4.4.2. Fornecimento do material .....	67
4.4.3. Produção do betão.....	67
4.4.4. Execução da vala .....	69
4.4.5. Construção da passagem molhada .....	72

<b>CAPITULO V</b> .....	74
<b>5. ANÁLISE DE PROBLEMAS DECORRENTES NO CAMPO</b> .....	74
<b>5.1. Nível Freático</b> .....	74
<b>5.2. Qualidade e controle do betão</b> .....	75
<b>5.3. Adensamento do betão</b> .....	76
<b>5.4. Cofragem</b> .....	76
<b>CAPITULO VI</b> .....	78
<b>6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES</b> .....	78
<b>6.1. Conclusão</b> .....	78
<b>6.2. Recomendações</b> .....	79
<b>CAPITULO VII</b> .....	80
<b>7. Referências bibliográficas</b> .....	80
<b>CAPITULO VIII</b> .....	81
<b>8. ANEXOS</b> .....	81

### **Índice de tabelas**

Tabela 1: Cronograma de estágio .....	3
Tabela 2: Rede viária classificada por classe de Moçambique.....	4
Tabela 3: Classe de estradas e sistema de numeração. ....	10
Tabela 4: Rede de estradas classificadas por província. ....	11
Tabela 5: Coeficiente de escoamento, C, do método racional. ....	27
Tabela 6: Parâmetros a e b para as curvas I-D-F de Maputo/Matola.....	28
Tabela 7: Coeficiente de rugosidade de Manning.....	30

### **Índice de figuras**

Figura 1: Logotipo da Instituição, ANE-IP.....	4
Figura 2: Organograma da ANE, IP-DPM. ....	5
Figura 3: Rede viária de Maputo. ....	6
Figura 4: Secção transversal típica de um pavimento flexível. ....	12
Figura 5: Secção transversal típica de um pavimento rígido. ....	13
Figura 6: Camadas do pavimento flexível. ....	13
Figura 7: Camadas de pavimento rígido (Fonte: Fabiane, 2021).....	15
Figura 8: Comparação da distribuição de cargas do pavimento rígido e flexível.....	16
Figura 9: Vista aérea do local de intervenção no bairro 25 de Junho.....	32
Figura 10: Reunião com diversas entidades no local da obra de modo a conhecer a existência de passagem de serviços no local da obra após a sua vedação. ....	33
Figura 11: Demarcação e início da remoção da camada de revestimento do pavimento. ....	33
Figura 12: Processo de escavação manual para a sondagem de passagem de serviços (a esquerda). Conduta de gás e cabo elétrico (a direita). ....	34

Figura 13: Escavação e contenção de solos na zona de assentamento das manilhas.....	34
Figura 14: Fornecimento de alguns materiais.....	35
Figura 15: Chegada das manilhas.....	35
Figura 16: Assentamento da manilhas (a esquerda), colocação do betão para a laje de fundo da manilha (a direita).....	36
Figura 17: Controle da inclinação da manilha e execução da laje de topo sobre a manilha....	37
Figura 18: Produção manual do betão na obra (a esquerda) e o aditivo de endurecimento rápido, DRIKON (a direita).....	38
Figura 19: Armação e cofragem da caixa de betão armado.....	38
Figura 20: Betonagem das paredes da caixa de ligação.....	39
Figura 21: Colocação da armadura e betonagem da tampa da caixa de ligação.....	39
Figura 22: Construção e fixação da cofragem metálica para a caixa de inspeção.....	40
Figura 23: Execução da malha eletrossoldada para a caixa de inspeção.....	40
Figura 24: Colocação da armadura e das chapas de cofragem de madeira (a esquerda) e betonagem da caixa de inspeção (a direita).....	41
Figura 25: Estrato das camadas da estrutura do pavimento na zona de intervenção.....	41
Figura 26: Proposta da nova estrutura do pavimento.....	42
Figura 27: Alocação, espalhamento, nivelamento e compactação do solo selecionado.....	42
Figura 28: Estabilização do solo cimento, nivelamento, compactação e rega.....	43
Figura 29: Recolha do material da sub-base para ensaio e realização de ensaio no terreno pelo LEM.....	44
Figura 30: Rega de impregnação com MC30: aquecimento e colocação.....	46
Figura 31: MC30 aplicado sobre uma camada de sub-base (a esquerda) e sobre uma camada de base (a direita).....	46
Figura 32: Processo de Fog Spray.....	47
Figura 33: Chegada do material da base, espalhamento e nivelamento.....	48
Figura 34: Compactação do material da base.....	49
Figura 35: Controle de temperatura durante a colocação do material na área de trabalho pelo LEM.....	49
Figura 36: Chegada, espalhamento do asfalto na obra.....	50
Figura 37: Compactação do asfalto.....	51
Figura 38: Controle de temperatura dos asfalto pelo LEM.....	51
Figura 39: Processo de selagem das juntas.....	52
Figura 40: Preparação e aplicação da lama asfáltica para selar as fissuras.....	52
Figura 41: Colocação da pedra e rega para o assentamento dos lancis.....	53
Figura 42: Assentamento dos lancis.....	54
Figura 43: Assentamento dos pavês.....	54
Figura 44: Lançamento de areia fina sobre os pavês (a esquerda) e compactação dos pavês (a direita).....	55
Figura 45: Execução de valeta.....	55
Figura 46: Reposição dos lancil e pavês do separador de faixas.....	56
Figura 47: Vista aérea do local de intervenção no bairro de Bagamoio.....	57
Figura 48: Cortes no pavimento flexível.....	58
Figura 49: Remoção do pavimento flexível.....	59
Figura 50: Colocação da malha em cruz e pedra.....	59
Figura 51: Colocação da cofragem e controle da inclinação de projecto.....	60

Figura 52: Fornecimento do betão e rega do agregado.....	60
Figura 53: Processo de betonagem, espalhamento e adensamento do betão. ....	62
Figura 54: Adensamento do betão. ....	62
Figura 55: Nivelamento, acabamento e texturização manual do betão. ....	63
Figura 56: Texturização. ....	63
Figura 57: Cura do betão.....	64
Figura 58: Vista aérea da local de intervenção no bairro de Zimpeto. ....	65
Figura 59: Reconhecimento do local. ....	66
Figura 60: Escavação .....	66
Figura 61: Fornecimento de material.....	67
Figura 62: Produção do betão. ....	68
Figura 63: Execução da laje de fundo.....	69
Figura 64: Sistema de cofragem. ....	70
Figura 65: Betonagem das paredes. ....	70
Figura 66: Descofragem e cura do betão. ....	71
Figura 67: Lajes de enrijecimento transversal. ....	71
Figura 68: Sistema de degraus da drenagem.....	72
Figura 69: Escavação e armadura para as vigas da laje. ....	72
Figura 70: Execução da laje.....	73
Figura 71: Laje concluída. ....	73
Figura 72: Ligação da Laje e o sistema de drenagem.....	73
Figura 73: Presença do nível freático elevado. ....	74
Figura 74: Segregação do betão da laje de fundo devido ao excesso de água e ocorrência de fissuras. ....	75
Figura 75: Problemas de infiltração de água oriunda do lençol freático na vala de drenagem (à esquerda) lavagem de finos devido a corrente da água (à direita). ....	75
Figura 76: Betão com uma mistura homogénea (à esquerda) e betão com uma mistura não homogénea (à direita) .....	75
Figura 77: Defeitos devido ao fraco adensamento do betão.....	76
Figura 78: Irregularidades devido a má cofragem. ....	76
Figura 79: Irregularidades bruscas e graduais resultantes da cofragem. ....	77
Figura 80: Amostras de misturas betuminosas recolhidas na obra de 25 de Junho para serem ensaiadas pelo LEM.....	81
Figura 81: Equipamento para a realização do ensaio de baridade teórica máxima. ....	81
Figura 82: Ensaio para determinação do teor de Betume pelo método de centrifugação realizado pelo LEM.....	82
Figura 83: Limpeza do sistema de drenagem no bairro de Inhagoia. ....	82
Figura 84: Visita à uma camera de empréstimo na vila de Mapulaguene, Distrito de Magude). ....	83
Figura 85: Visita a reserva de Matongomane. ....	83

## **CAPITULO I**

### **1. INTRODUÇÃO**

#### **1.1.Generalidades**

O presente relatório de estágio é elaborado com o objectivo de dar a conhecer as actividades que foram levadas a cabo durante o estágio, este que foi realizado com o objectivo de consolidar os conhecimentos teóricos adquiridos ao longo do curso e para culminação do curso de Engenharia Civil, da Universidade de Eduardo Mondlane.

A pavimentação é a estrutura constituída de múltiplas camadas sobre a terraplanagem de um terreno, construída de modo a resistir aos esforços, receber cargas de tráfego de veículos e redistribuir para os solos da fundação, proporcionando condições de trânsito e condições satisfatórias de velocidade, segurança, conforto no transporte de pessoas e bens. Rodovias de grande porte fornecem uma infraestrutura essencial para o comércio nacional e internacional, pois elas conectam áreas produtoras e centros de distribuição, portos e fronteiras, permitindo o transporte eficiente de bens para o consumo interno e exportação.

A drenagem de rodovias é um sistema que tem como objectivo desviar, conduzir as águas pluviais e subterrâneas, de forma a garantir a segurança dos usuários e a durabilidade das estradas.

Com o presente relatório pretende-se analisar o processo de execução de obras de manutenção da Estrada N1 no troço Brigada Montada-Zimpeto, com recurso as Normas de Execução da Administração Nacional de Estradas – IP, 2015. Estas obras tiveram lugar no âmbito da manutenção periódica iniciada em 2023 na Estrada N1 em Maputo.

#### **1.2.Contextualização**

A Estrada N1 é a maior e mais importante estrada moçambicana, com cerca de 2477 km de extensão, atravessando algumas das mais ricas e povoadas áreas do território nacional, sendo pelo menos seis delas zonas de capitais provinciais.

A Estrada N1, no troço da Brigada Montada-Zimpeto conta com uma extensão de cerca de 17 km, localizada na sua totalidade no distrito de KaMubukwana, a sul da cidade de Maputo. A estrada é limitada a norte pelo distrito de Marracuene e a sul pela Baía de Maputo, permite a ligação e atravessa diversos bairros densamente povoados da cidade de Maputo e permite o acesso terrestre a diversos pontos de grande interesse nacional e internacional como é o caso do Mercado Grossista, Aeroporto Internacional de Maputo e a terminal interprovincial da Junta.

Esta estrada tem sofrido muitos problemas decorrentes da falta de drenagem das águas pluviais e da manutenção dos sistemas de drenagem para os pontos onde estes existem. A água acumulada em estradas pode prejudicar a estrutura do pavimento, podendo causar acidentes graves.

De modo a melhorar a transitabilidade e aumentar a longevidade das estradas tem decorrido trabalhos de identificação de secções consideradas críticas ao pavimento e sua posterior correção.

### **1.3.Objectivos**

#### **1.3.1. Geral**

- Descrever o procedimento empregue no âmbito de manutenções periódicas em estruturas de drenagem de água pluviais na estrada N1.

#### **1.3.2. Específicos**

- Identificar os problemas relativos a pouca eficiência dos sistemas de drenagem ou a sua inexistência;
- Analisar e propôr soluções técnicas e práticas para o problema de drenagem no troço identificado;
- Aplicar as normas técnicas construtivas para a execução das soluções vigentes em Moçambique.

### **1.4.Justificativa**

A realização de estágio curricular no âmbito de trabalho de culminação do curso de licenciatura em Engenharia Civil é um dos requisitos opcionais necessários para alcançar o grau de licenciatura na Universidade Eduardo Mondlane.

O interesse do estudante por esta opção de culminação do curso é movido pela vontade de querer aprofundar e desenvolver os conhecimentos teóricos e práticos adquiridos durante o processo de formação académica e o desejo de conhecer de perto o processo de concepção e execução de uma obra.

O interesse pela área de Vias de Comunicação concretamente estradas, surge pelo facto de que a circulação de pessoas e bens pelas vias de comunicação terrestre é fundamental para o desenvolvimento das sociedades. A troca comercial entre as diferentes localidades, províncias e distritos permite melhorar o nível de vida das populações.

O desempenho de um pavimento depende de uma série de factores agrupados em três grandes estágios, a saber: a concepção, a execução e a manutenção dos mesmos. O bom cumprimento desses três estágios garante-nos uma boa qualidade, segurança e maior vida útil destes pavimentos.

### 1.5. Metodologia

Para a elaboração e o alcance dos objectivos definidos neste relatório foi usada a seguinte metodologia:

- Pesquisas e consultas na internet;
- Pesquisas e consultas bibliográficas;
- Google Earth Pro para visualização, ilustração e localização das áreas de trabalho;
- Capturas fotográficas das actividades que decorreram ao logo do estágio;
- AutoCAD 2017 para a esquematização de soluções do projecto;
- Consultas e discussão de ideias com os supervisores;
- Observação e entrevista durante a execução da obra.

### 1.6. Cronograma de actividades

Tabela 1: Cronograma de estágio

Actividade	Março				Abril				Maio				Junho			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Apresentação, orientação e adaptação a instituição</b>	■	■	■													
<b>Revisão das normas de Execução da ANE</b>		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>Definição da problematização, objectivos e metodologias</b>			■	■	■	■										
<b>Apresentação do projecto</b>			■	■	■				■	■	■					
<b>Acompanhamento do processo de execução</b>				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>Análise dos resultados</b>							■	■						■	■	■
<b>Elaboração do relatório de pesquisa</b>							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

## CAPITULO II

### 2. DESCRIÇÃO GERAL DA INSTITUIÇÃO



*Figura 1: Logotipo da Instituição, ANE-IP.*

Fonte: ANE.

#### 2.1.Generalidades

A Administração Nacional de Estradas, ANE, foi criada pelo decreto 15/99 de 27 de Abril de 1999, como instituição pública dotada de personalidade jurídica e autonomia administrativa e financeira.

A instituição é dirigida por um Director Geral, baseado em Maputo, e é representada por delegações provinciais.

A ANE é, portanto, responsável pela preparação e implementação de planos e programas do sector rodoviário no país. As estradas são classificadas em Moçambique como primárias, secundárias, terciárias e vicinais.

Um resumo da rede rodoviária classificada por classe de estrada é representado na tabela abaixo:

*Tabela 2: Rede viária classificada por classe de Moçambique.*

<b>Classificação</b>	<b>Pavimentado (km)</b>	<b>Não pavimentado (km)</b>	<b>Total (km)</b>
Primária	4728	1243	5971
Secundárias	838	4078	4915
Terciária	667	11936	12603
Vicinal	54	6513	6567
Total	6286	23770	30056

Fonte: ANE – IP, 2009.

## 2.2. Organização da instituição

### 2.2.1. Delegação Provincial de Maputo

A Delegação Provincial da Administração Nacional de Estradas, DPANE, tem como responsabilidade fazer o acompanhamento e gestão das obras e manutenção da rede de estradas em Maputo. Para o bom funcionamento da empresa no que diz respeito as suas funções esta está dotada de vários técnicos especialistas em várias áreas.

### 2.2.2. Competências da ANE

A ANE é um órgão autónomo responsável pelo desenvolvimento e manutenção de todas as estradas classificadas em Moçambique. A ANE prepara os planos sectoriais de médio e curto prazo (anuais), incluindo componentes de investimento e manutenção, tanto a nível nacional quanto provincial. Os projectos de supervisão e execução das obras são feitos por consultores e contratantes do sector privado sub-contratados adquiridos e gerenciados pela ANE.

Compete ainda a ANE gerir o património afecto a instituição, garantido a sua manutenção e uso racional. Gerir os contratos, estabelecer contactos com as comunidades e responder a todas as necessidades de outros sectores com os quais interage diariamente (telecomunicações, empresas de abastecimento de água, eletricidade, agentes comerciais, caminhos de ferro, Conselho Municipal, Empresas de gás, etc).

### 2.2.3. Estrutura organizacional da ANE, IP-DPM



Figura 2: Organograma da ANE, IP-DPM.

Fonte: RIANE, 2020.

#### 2.2.4. Rede de estradas da província de Maputo

A província de Maputo possui actualmente uma rede de estradas com uma extensão de 1632km dos quais 731.1km correspondem a estradas pavimentadas e 900.9km correspondem a estradas não pavimentadas.

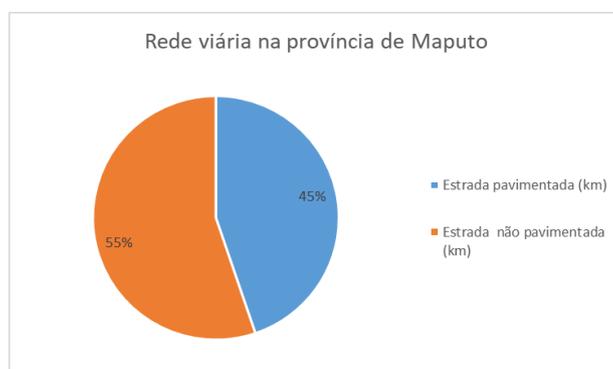


Figura 3: Rede viária de Maputo.

Fonte: DPANE, 2021.

Como pode ser observado com a figura acima, a maioria das estradas da província de Maputo não são pavimentadas o que acaba por representar um grande desafio para o sector de desenvolvimento e manutenção das estradas.

Os trabalhos periódicos abrangidos no âmbito deste estágio foram realizados em várias secções localizadas ao longo da Estrada N1, que possui uma extensão de 239km ao nível da província de Maputo.

#### 2.2.5. Funções e departamentos da Instituição

##### Funções do departamento técnico

- Coordenar os processos de execução de projectos de construção, manutenção e reabilitação de estradas;
- Recolher e processar dados estatísticos sobre os níveis de execução de projectos de estradas e pontes;
- Elaborar os projectos e as respectivas estimativas orçamentais;
- Assegurar a adopção e observância de padrões e normas técnicas nos processos de execução de projectos;
- Identificar necessidades de pesquisas a serem executadas.

### **Funções do departamento de planificação**

- Recolher e processar os dados estatísticos sobre as estradas, pontes, tráfego rodoviário e informações socio-económicas;
- Coordenar os processos de planificação e de orçamentação de acções de construção, reabilitação e manutenção de estradas;
- Manter actualizado o cadastro de estradas, emitindo informações periódicas sobre a rede viária da sua área de jurisdição;
- Divulgar informação técnica sobre procedimentos, normas, projectos tipo e inovações.

### **Funções do departamento de Administração e Recursos Humanos**

- Garantir o processamento e pagamentos de salários aos funcionários da delegação;
- Executar os processos de gestão e de administração pessoal da delegação;
- Controlar e produzir informações periódicas sobre a efectividade e assiduidade dos funcionários;
- Fazer e manter actualizado o inventário, classificação, registo e identificação dos bens a guarda da delegação;
- Acompanhar o processo de avaliação de desempenho dos funcionários.

### **Funções do departamento de Repartição de Aquisições**

- Implementar o plano de contratação de obras, aquisição de bens e serviços de delegação;
- Criar, manter e actualizar o cadastro dos processos de contratação de obras, bens e serviços da delegação;
- Propor o plano de formação profissional do pessoal de repartição;
- Preparar os processos para o lançamento de concursos relativos a contratação de empreitadas de obras, fornecimento de bens e prestação de serviços.

### **Funções do departamento de Repartição de Gestão Documental e Tecnologias de Informação**

#### **a) No domínio da área de gestão documental:**

- Executar os processos de gestão documental da delegação, nos termos estabelecidos na legislação aplicável;
- Implementar políticas de gestão documental;

- Conceber e implementar os sistemas informáticos de gestão documental em coordenação com o departamento de Repartição de Gestão Documental e Tecnologias de Informação central.

**b) No domínio das tecnologias de informação**

- Propor a aquisição, expansão e substituição de equipamentos e de tratamento de informações da delegação;
- Elaborar propostas de planos de introdução de novas tecnologias de informação e comunicação na delegação em coordenação com o departamento de Repartição de Gestão Documental e Tecnologias de Informação central;
- Participar na criação, manutenção e desenvolvimento de uma base de dados para o processamento de informação estatística da delegação.

## CAPITULO III

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1.Estradas

As estradas podem ser entendidas como sendo elementos geográficos presentes nas paisagens rurais. Existem, desde caminhos primitivos ou vias modernas com grande infraestrutura, permitiram e permitem a interligação entre regiões, influenciando no aspeto social, económico e cultural das nações (Pimenta & Oliveira, 2004:28).

Por outro lado, Guimarães (2004:43), define estrada como sendo faixas de terreno com características adequadas para permiti o deslocamento de pessoas e veículos.

Estrada é uma via de comunicação terrestre especialmente destinada ao trânsito de veículos (segundo o MOPHRH, 2021).

#### 3.2.Classificação de estradas

Devido as diferenças nos antecedentes jurídicos e históricos e nos requisitos administrativos existem diferenças entre os sistemas de classificação de estradas adoptados pelas diferentes autoridades. Apesar das diferenças na nomenclatura e na aplicação, todos os sistemas de classificação são amplamente funcionais (SATCC, *Code of Practice for the Geometric Design of Truck Roads*, 1998).

Em Moçambique, o sistema de classificação da rede de estradas divide-se em estradas classificadas e estradas não classificadas. A rede de estradas classificadas, por sua vez, é subdividida em quatro (4) categorias, a saber: estradas primárias, estradas secundárias, estradas terciárias e estradas vicinais. Os grupos de estradas formadas pelas estradas principais e estradas secundárias são designados por Estradas Nacionais e o grupo de estradas formadas pelas estradas terciárias e vicinais são designadas por Estradas Regionais (ANE, IP – 2021).

As estradas classificadas são administradas pela ANE, e as não classificadas estão sob controlo dos Conselho Municipais.

##### a) Estradas primárias

As estradas primárias são a espinha dorsal da rede de estradas e ligam:

- Capitais provinciais;
- Capitais provinciais e outras cidades;
- Capitais provinciais e principais portos;

- Capitais provinciais e principais postos fronteiriços.

**b) Estradas secundárias**

As estradas secundárias complementam a espinha dorsal da rede de estradas e ligam:

- Estradas primárias;
- Capitais provinciais e portos fluviais ou marítimos;
- Estradas primárias e centros económicos de elevada importância;
- Estradas primárias e outros postos fronteiriços.

**c) Estradas terciárias**

As estradas terciárias ligam:

- Estradas secundárias e estradas primárias ou outras estradas secundárias;
- Sedes distritais;
- Sedes distritais e postos administrativos;
- Sedes distritais e centros económicos de elevada importância.

**d) Estradas vicinais**

As estradas vicinais ligam:

- Estradas terciárias;
- Postos administrativos;
- Postos administrativos e outros centros populacionais.

### 3.3.Sistema de numeração

Com base na classificação das estradas descrita acima, o sistema de numeração de estradas obedece a seguinte numeração:

*Tabela 3: Classe de estradas e sistema de numeração.*

<b>Designação</b>	<b>Banda de números</b>
Estradas primárias (a)	N1 – N100
Estradas primárias (b)	N101 – N199
Estradas secundárias	N200 – N399
Estradas terciárias	R400 – R799
Estradas vicinais	R800 em diante

(a) Estradas que constituem itinerário principal.

(b) Estradas que constituem itinerários principal a outras estradas primárias.

**Fonte:** ANE – IP, 2021

### 3.4. Rede de estradas classificadas por província

Tabela 4: Rede de estradas classificadas por província.

Província	Extensão em km				
	Primária	Secundária	Terciária	Vicinal	Total
Maputo	428	141	533	530	1632
Gaza	280	752	1101	578	2711
Inhambane	558	266	1154	902	2880
Manica	513	336	986	635	2470
Sofala	709	561	843	354	2467
Tete	540	1229	788	413	2970
Zambézia	1051	722	1792	992	4557
Nampula	954	166	1942	921	3983
Niassa	477	365	1708	422	2972
Cabo Delgado	839	347	1822	966	3974
Total	6349	4885	12669	6713	30616

Fonte: ANE – IP, 2021.

### 3.5. Pavimentos rodoviários

De acordo com Diogo (2007) citando Yoder e Witckzack, Huang (1993, 2004), a mecânica clássica define o pavimento como sendo uma estrutura composta por diversas camadas de materiais elásticos ou elasto-visco-plásticos. Os pavimentos têm muita utilidade no quotidiano de uma sociedade, de acordo com Reis (2009:2), pavimento é a estrutura constituída sobre um terreno terraplanado, que suporta as cargas provenientes do tráfego, redistribui essas cargas para a infraestrutura e proporciona as condições satisfatórias de conforto, economia e segurança a quem utiliza a estrutura.

#### 3.5.1. Funções do pavimento

De acordo com Reis (2009:2) como requisitos principais, os pavimentos devem proporcionar condições de condução segura e confortável aos condutores (requisitos funcionais) e resistir aos esforços verticais e horizontais devido ao tráfego (requisitos estruturais), ao longo do período de vida útil.

Em seu conjunto os pavimentos têm as seguintes funções:

- Resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego;
- Melhorar as condições de rolamento quanto a comodidade e segurança;

- Resistir aos esforços horizontais que nela actuam, tornando mais durável a superfície de rolamento.

### 3.5.2. Tipos de pavimento

#### a) Pavimentos flexíveis

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 flexíveis são aqueles em que a capacidade de suporte é função das características da distribuição de cargas por um sistema de camadas sobrepostas, em que as camadas mais próximas da carga aplicada são as que possuem melhores qualidades. É a camada superior que resiste directamente as acções e consequentes forças do tráfego e as transmite de uma forma mais ténue as camadas inferiores.

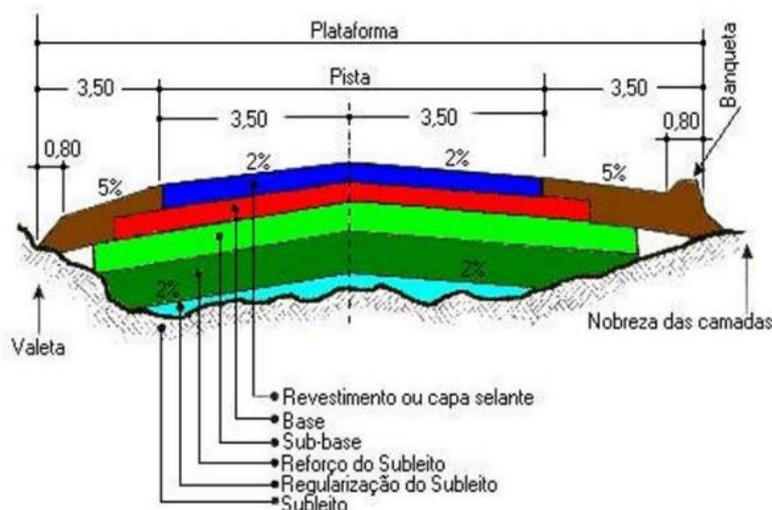


Figura 4: Secção transversal típica de um pavimento flexível.

Fonte: Marques, 2006.

#### b) Pavimentos rígidos

O pavimento rígido é constituído geralmente por uma camada superior (laje) de betão de cimento, geralmente Portland, que funciona simultaneamente como camada de desgaste e de base. A elevada resistência a flexão do betão de cimento faz com que o pavimento não sofra deformações acentuadas, mesmo quando sujeito a tráfego pesado e intenso e em solos que possuam fraca capacidade de carga.

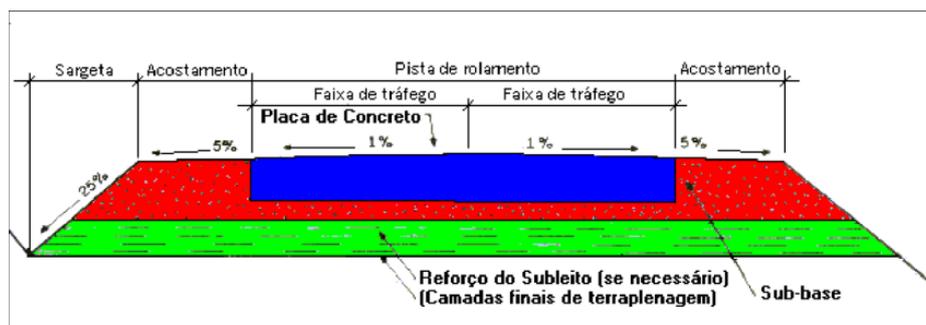


Figura 5: Seção transversal típica de um pavimento rígido.

Fonte: Marques, 2006.

### c) Pavimentos semi-rígidos

Refere-se a uma situação intermédia entre os pavimentos flexíveis e os pavimentos rígidos, como caso de misturas solo-cimento, solo cal que apresentam uma razoável resistência a tracção (Marques, 2006).

A escolha do tipo de pavimento, a quantidade de camadas e suas espessuras variam com a qualidade do subleito, com o tráfego que irá solicitar o pavimento e as características dos materiais que irão fazer parte da composição da sua estrutura.

Em Moçambique tem sido mais frequente a utilização de pavimentos do tipo flexível por serem aqueles que oferecem melhores condições de tráfego, segurança e conforto pela sua qualidade em todas as categorias de estradas (Chembeze, 2006).

### 3.5.3. Caracterização das camadas de um pavimento

#### a) Pavimento flexível

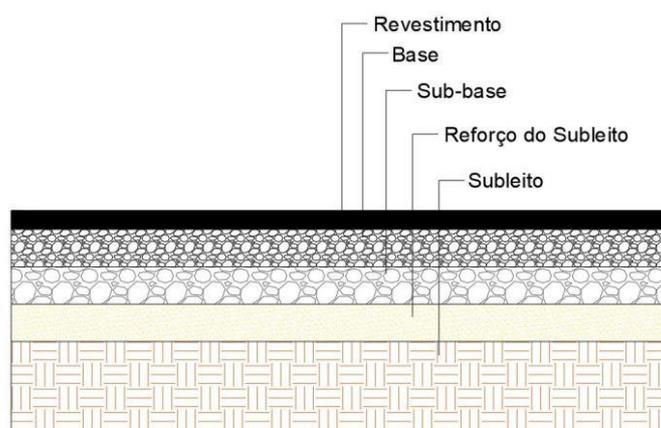


Figura 6: Camadas do pavimento flexível.

Fonte: Felipe Cava, 2021.

**Subleito** – é o terreno onde repousa toda a estrutura do pavimento que pode ser excepcionalmente forte ou pouco resistente, que deverá suportar os esforços impostos pelo pavimento e seus carregamentos dentro de valores compatíveis com a resistência do mesmo.

**Regularização do subleito** – a regularização do subleito é uma actividade realizada após o término dos trabalhos de limpeza e movimento de terra onde será implantado o pavimento. É uma camada de espessura variável, construída sobre o subleito e destinada a conforma-lo transversal e longitudinalmente, de acordo com o projecto geométrico. Esta operação resume-se em corrigir algumas falhas da superfície de terraplanagem.

**Reforço do subleito** – é a camada que desempenha função semelhante à da sub-base, sem especificações definidas, apenas com condições de apresentar características de suporte superiores às do subleito. Geralmente o material constituinte de reforço do subleito é um solo argiloso seleccionado, de boas características físicas e elevada resistência.

**Sub-base** – é camada sobre a qual assenta a camada base do pavimento. É constituída por material granular do tipo Tout-Venant ou por solos seleccionados de espessura estabelecida de acordo com o valor de suporte, colocado sobre uma subrasante, para sustentar a base (ANE – IP, 2015). Podem ser utilizados também solos tratados com cimento nesta camada, por melhorar as características mecânicas do mesmo. O padrão de qualidade do material é menos exigente do que para a base, pois recebe esforços menores. Camada com características drenantes de modo a não contribuir para a estagnação de água e impedir a sua ascensão por capilaridade para as camadas superiores do pavimento.

**Base** – é camada sobre a qual assenta a camada de desgaste/revestimento com função de distribuir e transmitir as cargas originadas pelo tráfego as camadas subjacentes. É constituído por material seleccionado de elevado padrão de qualidade, estabilizado mecanicamente ou com adição de cimento ou outros produtos (ANE – IP, 2015).

**Camada de desgaste/revestimento** – é a camada superior do pavimento, e como tal, esta em contacto directo com o tráfego. Tem a função de receber e transmitir a acção do tráfego para as camadas inferiores, resistir aos esforços horizontais que nele actuam e proporcionar uma superfície de rolamento segura e cómoda. Deve ser impermeável sempre que possível, de modo a proteger as camadas inferiores e conferir resistência a intempéries e ao desgaste (Oda & Camargo, 2019; Marques, 2006). No caso desta camada possuir propriedades drenantes, a camada imediatamente subjacente (base) tem de possuir propriedades impermeabilizantes. Devem suportar os efeitos do tráfego e clima.

## b) Pavimento rígido

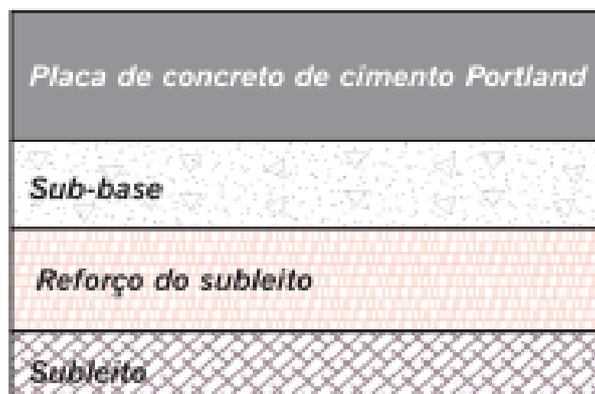


Figura 7: Camadas de pavimento rígido (Fonte: Fabiane, 2021).

**Reforço do subleito** – o reforço do subleito deve ser constituído por material homogêneo, não sensível a água. Se apresentar heterogeneidade nas suas características físicas e mecânicas bem como reduzida capacidade de carga deve incorporar um leito de pavimento com solo melhorado.

**Sub-base** – a camada de sub-base é constituída por material granular normalmente estabilizado com ligante hidráulico (betão podre, solo-cimento) de modo a oferecer uma boa resistência a solicitações de tráfego pesado e intenso. Também visa garantir uma superfície estável e uniforme a camada sobrejacente, com capacidade para resistir a erosão, tanto no decorrer da obra como ao longo da vida útil do pavimento.

**Camada de desgaste** – como referenciando anteriormente este pavimento e constituído por laje de betão, que funciona simultaneamente como camada de desgaste assim como cama de base. É muito importante que esta camada garanta a impermeabilidade do pavimento, não só através da laje como das juntas que devem ser seladas com material adequado.

### 3.6.Comparação da distribuição de tensões em pavimentos rígidos

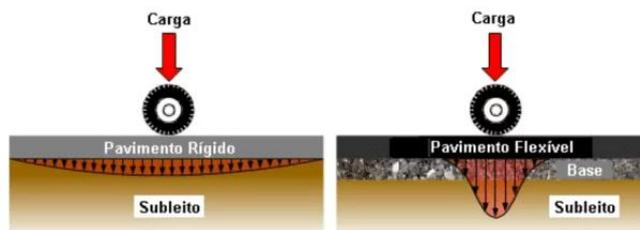


Figura 8: Comparação da distribuição de cargas do pavimento rígido e flexível.

Fonte: Araújo, 2016.

No pavimento rígido a laje de betão absorve grande parte das tensões induzidas e a distribuição de cargas faz-se sobre uma área relativamente maior apresentando assim pouca deformação devido a elevada resistência a tracção que este apresenta. Nos pavimentos flexíveis a carga se distribui em parcelas proporcionais a rigidez das camadas, todas camadas sofrem deformações elásticas significativas, as deformações até um limite não levam ao rompimento, a qualidade do solo é de extrema importância pois ele é submetido a altas tensões e absorve maiores deformações.

Apesar do uso corrente de pavimentos flexíveis, sobretudo devido a um maior conforto oferecido, a opção de pavimentos rígidos pode tornar-se uma alternativa mais económica e atractiva se considerarmos que uma das matérias primas do betume é o petróleo.

### 3.7.Manutenção de estradas pavimentadas

De acordo com Santos (2013:13) a manutenção dos pavimentos tem por objectivo manter a sua qualidade funcional e estrutural ao longo do seu período de vida, procurando otimizar uma determinada função, de qualidade máxima, face a determinados recursos financeiros, ou de custos mínimos, considerando determinados padrões de qualidade.

A manutenção de um pavimento compreende intervenções que afectem, directa ou indirectamente, o nível de serventia actual e/ou o desempenho futuro do pavimento, de acordo com F. Gonçalves citado por MOPHRH (2021).

### 3.7.1. Tipos de manutenção de estradas

- **Manutenção periódica** – é o conjunto de operações de conservação realizadas periodicamente, com o objectivo de evitar o surgimento ou agravamento de defeitos, reduzindo os requisitos de uma intervenção mais significativa (MOPHRH, 2021);
- **Manutenção de rotina** – é o conjunto de operações de conservação realizadas regularmente com o objectivo de reparar defeitos e restabelecer o funcionamento da componente da estrada, garantido conforto e segurança dos usuários (MOPHRH, 2021);
- **Manutenção melhorada** – é o conjunto de intervenções levadas a cabo com vista a reduzir as necessidades de manutenção. São incluídos nesta categoria, a melhoria de drenagem, o que permite melhor desempenho da estrada e adiar a sua degradação (ANE – IP, 2015);
- **Manutenção de emergência** – é o conjunto de intervenções imediatamente realizadas devido ao surgimento de problemas inesperados, como limpeza da via após a queda de rochas (ANE – IP, 2015). Resultam de acidentes, tempestades, chuvas torrenciais e outras calamidades naturais;
- **Reabilitação** – é um conjunto de actividades em que é necessário efectuar um esforço estrutural e inclui recarga (ANE – IP, 2015);
- **Reconstrução** – neste tipo de manutenção, há a necessidade de pelo menos uma das camadas do pavimento ser novamente processada (ANE – IP, 2015);
- **Melhoria** – neste tipo de manutenção é necessário efectuar um reforço e alguma alteração do traçado (ANE – IP, 2015).

### 3.8. Patologias em pavimentos

A palavra patologia deriva do grego *phatos* significando doença e *logos* significando estudo, sendo assim, possui definição de estudo das doenças e/ou enfermidades em seus amplos e variados sentidos como estado anormal de causas conhecidas e desconhecidas. No caso de patologias em pavimentos asfálticos, a definição patológica é decorrente de situações desde a escolha do material utilizado e sua execução e a manutenção preventiva ou corretiva, ou até mesmo a ausência destas.

Os pavimentos bem projectados, construídos e mantidos são capazes de oferecer muitos anos de serviço. No entanto, irá ocorrer a deterioração durante a vida útil do pavimento ou quando o pavimento estiver sujeito a situações adversas. Essa deterioração pode levar a uma variedade de problemas no pavimento. Podendo afectar ou não a capacidade de manutenção das estradas

e/ou segurança do utilizador da estrada, e levar a danificação do pavimento se não for reparado (MOPHRH, 2021).

### **3.8.1. Classificação das patologias em pavimentos**

De acordo com Alves, Fernandes e Bertequini (2018), as patologias do pavimento podem ser de origem estrutural ou funcional. As patologias funcionais afectam o estado de serviço dos pavimentos, contribuindo para um desempenho insatisfatório da sua função, ou seja, dificulta as condições de rolamento e conforto aos seus usuários. As patologias estruturais, causam deslocamentos verticais na superfície quando aplicadas a um tipo de carregamento.

#### **a) Patologias funcionais**

##### **➤ Desagregação superficial**

A desagregação superficial resulta do arrancamento progressivo do agregado do pavimento e/ou da argamassa fina do revestimento asfáltico, caracterizado por aspereza superficial do revestimento, com perda do envolvimento betuminoso e é provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego.

Causas:

- Redução da ligação existente entre o agregado e o ligante devido a oxidação do ligante e pela acção combinada do tráfego e as adversidades climáticas;
- Perda de adesividade entre o agregado e o ligante devido a presença de poeira ou sujidade no momento da construção;
- Execução da obra em condições meteorológicas inadequadas;
- Presença da água no interior do revestimento que originam sobrepressões hidrostáticas capazes de provocar deslocamentos da película betuminosa.

Solução:

- Execução de uma nova capa selante (pintura de rejuvenescimento, tratamento superficial ou lama asfáltica).

##### **➤ Desgaste e polimentos dos agregados do revestimento**

É resultado do empobrecimento progressivo das características dos ligantes do material betuminoso e o polimento, pelo tráfego, dos agregados do revestimento da camada de

rolamento e também a perda de finos do revestimento, tornando a superfície de rolamento escorregadia, quando molhada e com impregnação de óleo derramado pelo próprio tráfego.

Causas:

- Resistência inadequada do agregado selecionado ao polimento;
- Acção dos pneus sobre a capa, ao logo do tempo de serviço do pavimento;
- Envelhecimento do revestimento (oxidação do ligante).

Solução:

- Execução de uma nova capa selante (pintura de rejuvenescimento, tratamento superficial ou lama asfáltica).

➤ **Decapagem ou descasque**

É resultado da perda localizada do revestimento resultante do desprendimento de pedaços a volta de fissuras.

Causas:

- Falta de aderência entre o revestimento e a camada subjacente que pode ser causada por uma má preparação da superfície de ligação traduzida por presença de sujidade, excesso de humidade ou falhas na rega de colagem.

Solução:

- Reposição do revestimento com massas asfálticas.

➤ **Buracos**

São cavidades resultantes da desintegração local, sob acção do tráfego e da água.

Causas:

- Pequenos defeitos que pioram com a infiltração de água no material da base;
- Perda de superfície devido a outros defeitos (por exemplo, desgaste, decapagem, fissuras e/ou laminação);
- Material de base inapropriado;
- Desintegração de base associada a carga;

## Relatório de Estágio – Troço Brigada Montada-Zimpeto

- Adesão e recolhimento de aglutinantes nos pneus dos veículos;
- Subida de água pela acção do tráfego.

Solução:

- Execução de remendos com massas asfálticas (a quente ou a frio);
- Reconstrução localizada das camadas comprometidas e melhoria da drenagem.

### ➤ **Exsudação**

É o excesso de material betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento.

Causas:

- Excesso de ligante;
- Ligante inadequado;
- Penetração do agregado numa base suave;
- Quebra de agregado;
- Classificação inadequada do asfalto;
- Asfalto/revestimento colocado antes dos voláteis do primário terem evaporado;
- Derrame de óleo e combustível.

Soluções:

- Espalhamento de areia seca com cal hidratada ou de pó de pedra sobre as manchas de exsudação. Esta é uma técnica correctiva temporária;
- Remoção com jato de água;
- Tratamento com um solvente e adição de agregado;
- Sobreposição de uma camada de asfalto.

### ➤ **Remendos**

É o preenchimento de orifícios ou de qualquer depressão com massa asfáltica. São considerados defeitos quando provocam desconforto.

Causas:

- Solicitação intensa do tráfego;

- Emprego de material de má qualidade;
- Agressividade das condições ambientais;
- Problemas no processo construtivo.

Solução:

- Preparação da superfície, removendo o excesso ou limpando as depressões.

➤ **Fissuras tipo pele de crocodilo**

É o conjunto de fissuras interligadas sem um padrão geométrico, assemelhando-se ao aspecto do couro de crocodilo.

Causas:

- Espessura inadequada do pavimento/projecto estrutural deficiente;
- Fadiga do revestimento asfáltico;
- Acção repetida das cargas de tráfego;
- Perda de suporte nas camadas inferiores devido a má drenagem;
- Base ou superfície que se torna quebradiça;
- Material da base de baixa ou má qualidade;
- Defeitos de construção.

Soluções:

- Reconstrução/Remoção e substituição do pavimento;
- Fechamento de fissuras;
- Membrana de alívio a tensão (SAM) ou reforço selante;
- Reforço em revestimento superficial;
- Membrana de alívio de tensões nas camadas intermédias (SAMI) ou geotêxtil impermeabilizante + tapete de asfalto;
- Reciclagem de asfalto in situ;
- Fresagem + tapete asfáltico fino.

➤ **Fissuras em bloco**

É o conjunto de trincas interligadas com alguma regularidade geométrica, caracterizadas pela configuração de blocos.

Causas:

- Contração do material de revestimento, em função da alternância diária entre temperaturas altas e baixas;
- União de fissuras transversais e longitudinais, em revestimentos executados com bases cimentadas.

Solução:

- Pode aplicar-se os mesmos procedimentos que para as fissuras do tipo de pele de crocodilo.

➤ **Fissuras longitudinais**

São fissuras paralelas ao eixo da via, podendo ocorrer entre duas faixas de execução do revestimento.

Causas:

- Junta de construção mal feita;
- Contração/Dilatação do revestimento devido ao gradiente térmico ou envelhecimento do asfalto;
- Propagação das fissuras existentes nas camadas subjacentes, como por exemplo das bases tratadas com cimento ou juntas de revestimentos rígidos (fissuras por reflexão).

Soluções:

- Fechamento das fissuras;
- Para casos muito acentuados, podem ser aplicadas as soluções de reparação das fissuras de pele de crocodilo.

➤ **Fissuras transversais**

São fissuras perpendiculares ao eixo da via e podem ocorrer ao longo de qualquer parte da superfície do pavimento.

Causas:

- Contração/Dilatação do revestimento devido ao gradiente térmico ou envelhecimento do asfalto;
- Propagação das fissuras existentes nas camadas subjacentes, como por exemplo das bases tratadas com cimento ou juntas de revestimentos rígidos (fissuras por reflexão).
- Humidade na estrutura do pavimento;
- Intrusão das raízes das árvores;
- Assentamento de serviços no subterrâneo.

Soluções:

- Fechamento das fissuras;
- Para casos muito acentuados, podem ser aplicadas as soluções de reparação das fissuras de pele de crocodilo.

#### **b) Patologias estruturais**

##### **➤ Corrugações/Ondulações**

São deformações caracterizadas por ondulações ou corrugações transversais de carácter plástico e permanente na superfície de pavimento.

Causas:

- Instabilidade na mistura betuminosa da camada de revestimento e/ou da base de um pavimento;
- Excesso de humidade das camadas subjacentes;
- Contaminação da mistura asfáltica por materiais estranhos;
- Retenção de água na mistura asfáltica.

Soluções:

- Remover e substituir qualquer material instável antes de aplicar o tratamento;
- Betão asfáltico, revestimento superficial ou massas frias;
- Revestir a berma para reduzir a entrada de humidade;
- Remendos pesados;
- Reconstrução

➤ **Rodeiras resultantes de afundamentos por consolidação**

É uma depressão do revestimento, resultado de uma acumulação de deformações verticais não recuperáveis nas camadas do pavimento e fundação.

Causas:

- Compactação insuficiente de uma ou mais camadas durante a fase de construção;
- Mistura asfáltica inadequada (com baixa estabilidade);
- Enfraquecimento de uma ou mais camadas devido a infiltração de água.

Soluções para depressão de até menos de 5cm:

- Remendo de capa e acerto de bermas;
- Aplicação de asfalto fino;
- Aplicação de um microrevestimento.

Soluções para depressões maiores que 5cm:

- Reconstrução localizada do pavimento, acerto ou reconstrução das bermas e/ou faixas de segurança;
- Estabilização in situ;
- Reciclagem do asfalto;
- Melhoria das condições de drenagem do pavimento e da berma.

➤ **Rodeiras resultantes do afundamento plásticos**

É o resultado de uma falha por cisalhamento, tanto nas camadas de pavimento granulares, como nas camadas betuminosas do pavimento, resultando em deslocamentos do material superficial para a borda do pavimento da estrada.

Causas:

- A rotura de uma ou mais camadas do pavimento devido a acção de cargas de tráfego;
- Compactação deficiente, permitindo o assentamento do material;
- Drenagem inadequada;
- Qualidade inadequada do material.

Solução:

- Podem aplicar-se os mesmos procedimentos que para as rodeiras resultantes de afundamentos por consolidação.

➤ **Escorregamento em massa**

É resultante do deslocamento do revestimento em relação a camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua.

Causas:

- Ligação inadequada entre o revestimento e a camada sobre a qual este se apoia (deficiências na impregnação ou rega de colagem);
- Inércia limitada o revestimento asfáltico devido a pequena espessura;
- Compactação deficiente das misturas asfálticas ou da porção superior da camada de base;
- Fluência plástica do revestimento na ocorrência de temperaturas elevadas.

Soluções:

- Fresagem e substituição de material defeituoso;
- Reciclagem do asfalto in situ;
- Revestimento da berma (se for devido a berma não revestida);
- Melhoria da drenagem;
- Aplicação da camada de sobreposição de asfalto ou revestimento superficial;
- Estabilização in situ;
- Remendos acentuados;
- Reconstrução.

### **3.9.Drenagem**

A drenagem é um dos aspectos mais importantes na construção de estradas; a água é inimiga (ANE – IP, 2015). Um sistema de drenagem de rodovias é o grupo de dispositivos e mecanismos projectados e construídos com o principal objectivo de desviar águas e evitar o acúmulo na estrutura do pavimento, assegurando a integridade das estradas, do subleito e do seu entorno.

#### **3.9.1. Tipos de drenagem**

Segundo a ANE – IP (2015), a drenagem de uma estrada pode ser efectuada de duas formas:

- a) **Drenagem superficial** – correspondendo a drenagem das águas superficiais incluindo o escoamento a partir do terreno envolvente e da faixa de rodagem;
- b) **Drenagem subterrânea** – resulta do caudal de um lençol de água e caudais subterrâneos particularmente em escavações.

O dimensionamento da estrutura de drenagem depende da quantidade de água que se destina acomodar. Esta depende da chuvada de projecto, que por sua vez depende do nível de segurança a ser empregue para cada estrutura. A solução de compromisso reside na escolha entre factores de segurança e custos iniciais que dependem do volume de tráfego que a infraestrutura acomoda (ANE – IP, 2015).

O cálculo do caudal de água para estas situações situa-se no âmbito da hidrologia (ANE – IP, 2015). Segundo a ANE – IP, os métodos mais utilizados para o cálculo do caudal num curso de água são:

#### **1. Método de observação directa**

Este método é particularmente útil nos casos em que não existam dados ou que não estejam rapidamente disponíveis. Os residentes locais poderão oferecer informações úteis acerca do historial dos níveis do caudal observados durante a ocorrência de determinadas cheias.

As estruturas localizadas nas proximidades que anteriormente demonstraram um bom desempenho, sem rotura ou galgamento, poderão ser replicadas. Isto é particularmente útil para o cálculo de passagens hidráulicas.

#### **2. Método racional**

Neste método o caudal de água num canal,  $q$ , é calculado com base na seguinte expressão:

$$q = 0,278 * C * I * A$$

Onde:

C – coeficiente de escoamento;

I – intensidade de precipitação (*mm/h*);

A – área da bacia (*km<sup>2</sup>*).

O coeficiente de escoamento, C, é obtido com base na seguinte tabela:

Tabela 5: Coeficiente de escoamento, C, do método racional.

Inclinação média do terreno	Permeabilidade do solo			
	Muito baixa (rochas e argilas duras)	Baixa (argila siltosa)	Média (areia siltosa)	Elevada (areia e cascalho)
Plano 0-1%	0,55	0,40	0,20	0,05
Pouco inclinado 1-4%	0,75	0,55	0,35	0,20
Inclinado 4-10%	0,85	0,65	0,45	0,30
Muito inclinado >10%	0,95	0,75	0,55	0,40

Fonte: ANE – IP, 2015.

A intensidade de precipitação é determinada, recorrendo as curvas de Intensidade – Duração – Frequência, I-D-F. A curva I-D-F é uma ferramenta muito utilizada na engenharia para determinar a intensidade máxima de precipitação para várias durações e diferentes períodos de retorno. As durações a considerar são equivalentes ao tempo de concentração, que é a soma do tempo inicial com o tempo de percurso.

Expressão analítica das curvas I-D-F para Maputo/Matola:

$$I = a * t_c^b$$

Onde:

I – intensidade de precipitação (*mm/h*);

a, b – parâmetros adimensionais, definidos em função do período de retorno;

t<sub>c</sub> – duração equivalente ao tempo de concentração.

Os parâmetros a e b para as curvas I-D-F de Maputo/Matola são definidos na tabela a seguir:

Tabela 6: Parâmetros a e b para as curvas I-D-F de Maputo/Matola.

T (anos)	2	5	10	20	25	50
a	534.0468	694.504	797.3841	896.5751	930.8815	1026.694
b	-0.6075	-0.59383	-0.5869	-0.58197	-0.58119	-0.57749

Fonte: MOPHRH, 2021.

O intervalo médio, geralmente em anos, entre ocorrências sucessivas dum acontecimento é designado por período de retorno. Importa referir que o conceito de período de retorno não está associado a qualquer ideia de repetição cíclica e regular do acontecimento.

A escolha e justificação de um determinado período de retorno está ligada a uma análise de economia e segurança da obra (MOPHRH, 2021).

### Cálculo do tempo de concentração

#### a) Método do Soil Conservatios Service

O método proposto pelo SCS consiste em determinar o tempo total de escoamento da água precipitada, considerando a fase de escoamento laminar e a do escoamento unidimensional em linhas de água.

#### b) Fórmula de Kirpich

Fórmula desenvolvida para bacias com áreas de drenagem menores que  $0,8km^2$  e declividades entre 3% e 10%.

$$t_c = 0,95 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$$

#### c) Fórmula de Kirpich modificada

Fórmula desenvolvida para bacias com áreas de drenagem maiores que  $1km^2$ .

$$t_c = 1,42 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$$

#### d) Fórmula de Ventura

Esta fórmula é aceitável para qualquer tamanho de bacia de drenagem.

$$t_c = 0,127 * \sqrt{\frac{A}{I}}$$

### e) Fórmula de Passini

Esta fórmula é aplicável a qualquer tamanho da bacia

$$t_c = \frac{0,107 * \sqrt[3]{A * L}}{\sqrt{I}}$$

Onde:

$t_c$  – tempo de concentração, em horas;

$L$  – comprimento do principal curso de água da bacia, em *km*;

$H$  – altura média da bacia, em *m*;

$A$  – área da bacia, em *km*;

$I$  – intensidade de precipitação, em *mm/h*.

## 3. O método SCS

Este método que foi desenvolvido pelo Serviços Americanos para a Conservação do Solo (*American Soil Conservation Service*), é por vezes utilizado porque não exige curvas I-D-F. Contudo, apesar de ser mais versátil e potencialmente mais preciso do que o Método Racional, é considerado como complexo para as estradas de baixo volume de tráfego.

### 3.10.Aspectos hidráulicos

#### 3.10.1. Escoamento com superfície livre

Considera-se que o escoamento com superfície livre em canais ocorre nas zonas onde é possível identificar perfis e secções de escoamento ou em zonas onde os canais são visíveis em fotografias aéreas, ou onde é possível observar linhas azuis (indicado curso de água) nos mapas topográficos (1:50 000). Nos casos em que o perfil do canal e o coeficiente de rugosidade ( $n$  da fórmula de manning) estejam disponíveis, a velocidade poderá ser calculada com base na seguinte equação:

$$V = \frac{R^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

Onde:

## Relatório de Estágio – Troço Brigada Montada-Zimpeto

V – velocidade média,  $m/s$ ;

R – raio hidráulico,  $m$  (igual a  $A/P_w$ );

A – área do perfil transversal de escoamento,  $m^2$ ;

$P_w$  – perímetro hidráulico,  $m$ ;

S – inclinação da linha de água,  $m/m$ ;

n – coeficiente de rugosidade de Manning apresentado na tabela a seguir.

Tabela 7: Coeficiente de rugosidade de Manning.

<b>Superfície</b>	<b>n</b>
Superfícies lisas: betão, asfalto, gravilha ou solo descoberto	0,011
Pousio (sem resíduos)	0,05
Solos cultivados	
Cobertura <20%	0,06
Cobertura >20%	0,17
Relvados pouco densos	0,15
Relvados densos	0,24
Variação	0,13
Florestas	
Vegetação rasteira pouco densa	0,4
Vegetação rasteira densa	0,8
Nota 1: considerar um coberto de 30mm de espessura. Esta é a única parte do coberto que afecta o escoamento superficial	

Fonte: ANE - IP, 2015

## **CAPITULO IV**

### **4. ATCIVIDADES DESENVOLVIDAS PELO ESTAGIÁRIO DURANTE O ESTÁGIO**

#### **4.1.Considerações gerais**

O departamento Técnico conta o sector de Fiscalização para algumas actividades, em que a DPANE, IP, contrata uma entidade especializada na área de inspeção, supervisão e controlo de obras. Na primeira semana o estagiário foi apresentado ao Departamento Técnico – Sector de Fiscalização, onde a empresa contratada é a Técnica Engenheiros Consultores, Lda. Onde para além de ser apresentado a equipe de trabalho também lhe foi dado acesso a normas e regulamentos usados na ANE – IP, para o controle de qualidade e especificações técnicas que devem ser seguidas durante o trabalho de campo.

Durante o estágio, foi possível participar de algumas obras de manutenção de alguns pontos da Estrada N1, como resultado das obras da manutenção periódica da estrada no troço Brigada Montada-Zimpeto. O estagiário pôde participar das obras de requalificação do sistema de drenagem do bairro 25 de Junho, limpeza do sistema de drenagem de Inhagoia, remoção e substituição do pavimento flexível para pavimento rígido em Bagamoio e construção de uma vala de drenagem em Zimpeto (paragem coqueiros, ao lado do CHINA MALL).

#### 4.2.Requalificação do sistema de drenagem no bairro de 25 de Junho

A obra de requalificação do sistema de drenagem no bairro 25 de junho fez-se de modo a corrigir a obstrução da conduta que atravessava a Estrada N1 passando das avenidas de São Paulo e São Pedro neste bairro. Essa obstrução era causada pelo acúmulo de resíduos sólidos no sistema de drenagem devido ao uso inadequado do mesmo, como resultado desta obstrução parte da água chegava a transbordar da caixa de visita para a faixa de rodagem e parte dela acabava criando uma infraescavação nas camadas inferiores do pavimento o que de certa forma criava condições para ocorrência de assentamentos notáveis sobre o pavimento.



Figura 9: Vista aérea do local de intervenção no bairro 25 de Junho.

Fonte: Google Earth.

Tendo em conta a extensão da zona de intervenção e a importância desta via este trabalho foi realizado em duas fazes, sendo a primeira na faixa Sul/Norte e de seguida no sentido contrário.

A instalação do canteiro de obras depende da localização da obra, dos centros urbanos, do tempo de execução da obra e de outros factores. Para esta obra foi executado um estaleiro de obras no local da obra, evitando-se assim grandes constrangimentos no que diz respeito a transporte de materiais para a obra.

Devido a importância desta estrada houve a necessidade de criação de desvios provisórios com padrão suficiente para permitir o trânsito seguro e ininterrupto de bens e veículos, de modo a permitir um fluxo adequado daquele que seria o tráfego que a estrada receberia durante a fase de execução da obra.

Por ser uma zona urbana e nas artérias da cidade, sempre que se pretende fazer este tipo de actividades neste tipo de obras é de extrema importância que se convoquem as entidades prestadoras de serviços de modo a trabalharem em conjunto para a rápida identificação de infraestruturas implantadas ao longo da zona de execução da obra e que possam interferir na execução da mesma. Por essa razão antes do início de qualquer actividade na obra foi feita uma reunião que contou com diferentes entidades como ENH – KOGAS, à EDM, à TmCel, à AdRMM, à Policia de Trânsito, à Policia Municipal, o responsável do Conselho Municipal e o chefe de quarteirão de modo a dar a conhecer a execução da obra e acautelar as possíveis situações de danos materiais e humanos devido a não observação da existência dessas infraestruturas.



*Figura 10: Reunião com diversas entidades no local da obra de modo a conhecer a existência de passagem de serviços no local da obra após a sua vedação.*

**Fonte:** Danilo, 2024

#### **4.2.1. Demarcação e início de corte do pavimento para a escavação**



*Figura 11: Demarcação e início da remoção da camada de revestimento do pavimento.*

**Fonte:** Danilo, 2024.

#### 4.2.2. Escavação para sondagem de passagem de serviços

Devido a existência de serviços diversos na proximidades da Estrada N1, a escavação numa primeira fase foi de forma manual com recurso à pás, picareta e martelo elétrico. Durante o processo de escavação pode-se deparar com cabos elétricos, de rede de telecomunicações e TV, de condutas de gás, o que de certa forma acabou influenciando no cumprimento de prazos de execução de algumas actividades e consequentemente da obra no seu todo.



*Figura 12: Processo de escavação manual para a sondagem de passagem de serviços (a esquerda). Conduto de gás e cabo elétrico (a direita).*

**Fonte:** Danilo, 2024

Após a observação e identificação da ocorrência dos cabos de no local de intervenção, foi possível otimizar o processo de escavação através da máquina escavadora que tinha sido alocada para o terreno também com esse objectivo.



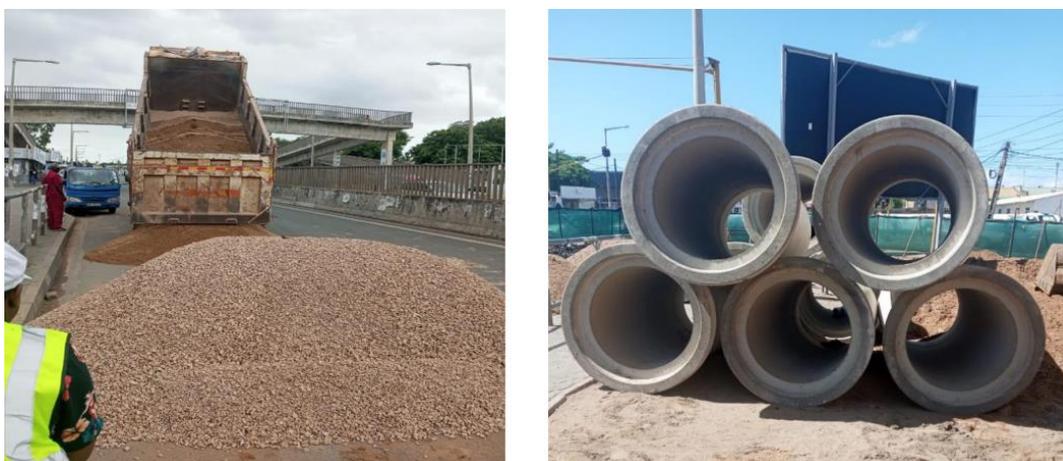
*Figura 13: Escavação e contenção de solos na zona de assentamento das manilhas*

**Fonte:** Danilo, 2024

Com a escavação verificou-se que o lençol freático naquela zona era elevado e de modo a evitar a erosão acentuada pelo fluxo de água fez-se uma contenção dos solos através da colocação de chapas metálicas e de madeira que funcionavam como cortina estacas-prancha, como pode ser observado na figura 13.

#### 4.2.3. Fornecimento de material

Todo o material recebido foi armazenado no estaleiro da obra, materiais tais como agregado (pedra e areia) que serviram para o fabrico de betão e argamassa na obra, as manilhas que foram usadas para a substituição das manilhas anteriores de modo a dar sequência ao sistema de drenagem. Alguns materiais e máquinas eram mantidos no veículo da empresa de modo a garantir um melhor controlo e conservação dos mesmos.



*Figura 14: Fornecimento de alguns materiais.*

**Fonte:** Danilo, 2024



*Figura 15: Chegada das manilhas.*

**Fonte:** Autor

As manilhas usadas para a substituição do sistema de drenagem são pré-fabricadas de betão armado, com um diâmetro interior de 100cm com uma espessura de 10cm como pode ser observado nas figuras acima. A escolha deste diâmetro surge com a intenção de garantir um melhor escoamento das águas pluviais que são lançadas neste sistema, sistema este que antes dimensionado funcionava com manilhas com diâmetro de 75cm, porém com o passar do tempo as soluções perdem a sua eficácia e para responder a problemas em tempos diferentes precisamos de soluções diferentes e de modo a permitir que na necessidade de uma limpeza no sistema seja possível a entrada de um operador.

#### 4.2.4. Assentamento das manilhas

As manilhas de betão devem manuseadas de tal modo a prevenir a sua danificação e acidentes de trabalho e devem ser assentes adequadamente sobre a fundação. Neste processo logo que se concluí a escavação era preparada a laje de fundo com uma espessura de 15cm de modo a garantir uma boa estabilidade a manilha e evitar possível ocorrência de assentamentos diferenciais.



*Figura 16: Assentamento da manilhas (a esquerda), colocação do betão para a laje de fundo da manilha (a direita).*

**Fonte:** Danilo, 2024

As ligações entre as manilhas devem ser lisas e fechadas com argamassa para permitir a livre passagem de água sem infiltrações.

O aterro a volta das manilhas pode ser feito com o material escavado da trincheira quando for de qualidade adequada ou em material granular ou em saibro tudo aprovado pelo fiscal.

O material do aterro deve ser compactado em camadas de 10cm uniformemente ate 95% da densidade modificada de AASHTO, evitando que haja mais do que uma camada de diferença em altura entre o aterro nos dois lados da manilha. A laje de topo das manilhas também foi

executada com 15cm de espessura e com uma largura de 1,2m de modo a cobrir toda a manilha, esta laje tem a função de reduzir o impacto dos esforços transmitidos pelo tráfego na via de circulação para as condutas.



*Figura 17: Controle da inclinação da manilha e execução da laje de topo sobre a manilha.*

**Fonte:** Autor, 2024.

#### **4.2.5. Preparação do betão**

O betão era produzido de acordo com as normas do código 642 das Normas de Execução da ANE, 2015.

O betão era produzido no local manualmente, respeitando o traço 1:2:3.

Para a execução da laje de fundo sobre as manilhas foi adicionado um aditivo para o endurecimento rápido do betão (acelerador de presa, DRINKON), tendo em conta o alto nível freático que se verificava no terreno.



Figura 18: Produção manual do betão na obra (a esquerda) e o aditivo de endurecimento rápido, DRIKON (a direita).

Fonte: Autor, 2024.

#### 4.2.6. Construção da caixa de ligação

Do lado da intercessão da EN1 com a avenida de São Pedro foram encontrados alguns obstáculos (condutas de água de 400mm e de 110mm, cabos de telecomunicações), que devido a dificuldade para a sua transposição foi necessário a construção de uma caixa de ligação, com dimensões suficientes para que desse para se fazer trabalhos de limpeza no seu interior quando necessário.

A caixa de ligação foi construída em betão armado de classe B25 obedecendo o traço 1:2:3, para a sua armação foram usados varões de aço de diâmetro 10mm espaçadas a 15cm, a espessura das paredes lajes de fundo e de tampa foi de 15cm e com uma profundidade de 2m. A cofragem usada para esta caixa é do tipo perdida e foi usada uma cofragem de madeira.



Figura 19: Armação e cofragem da caixa de betão armado.

Fonte: Danilo, 2024.



Figura 20: Betonagem das paredes da caixa de ligação.

Fonte: Danilo, 2024.

Para a execução da tampa da caixa de ligação as armaduras foram espaçadas a 10cm.



Figura 21: Colocação da armadura e betonagem da tampa da caixa de ligação.

Fonte: Autor, 2024.

#### 4.2.7. Construção da caixa de inspeção

Para a conexão do novo sistema de drenagem com o antigo foi necessário a construção de uma caixa de ligação que também serviria de caixa de inspeção. Até uma determinada altura para cofragem interior desta caixa foi usada uma caixa metálica devido a necessidade de fazer contornos e aproveitar a facilidade de recortar o material pois as duas manilhas tinham diâmetros diferentes e estavam a cotas também diferentes.

A caixa de ligação foi construída em betão armado de classe B25 obedecendo o traço 1:2:3, para a sua armação foram usados varões de aço de diâmetro 10mm espaçadas a 15cm, a espessura das paredes lajes de fundo e de tampa foi de 15cm.

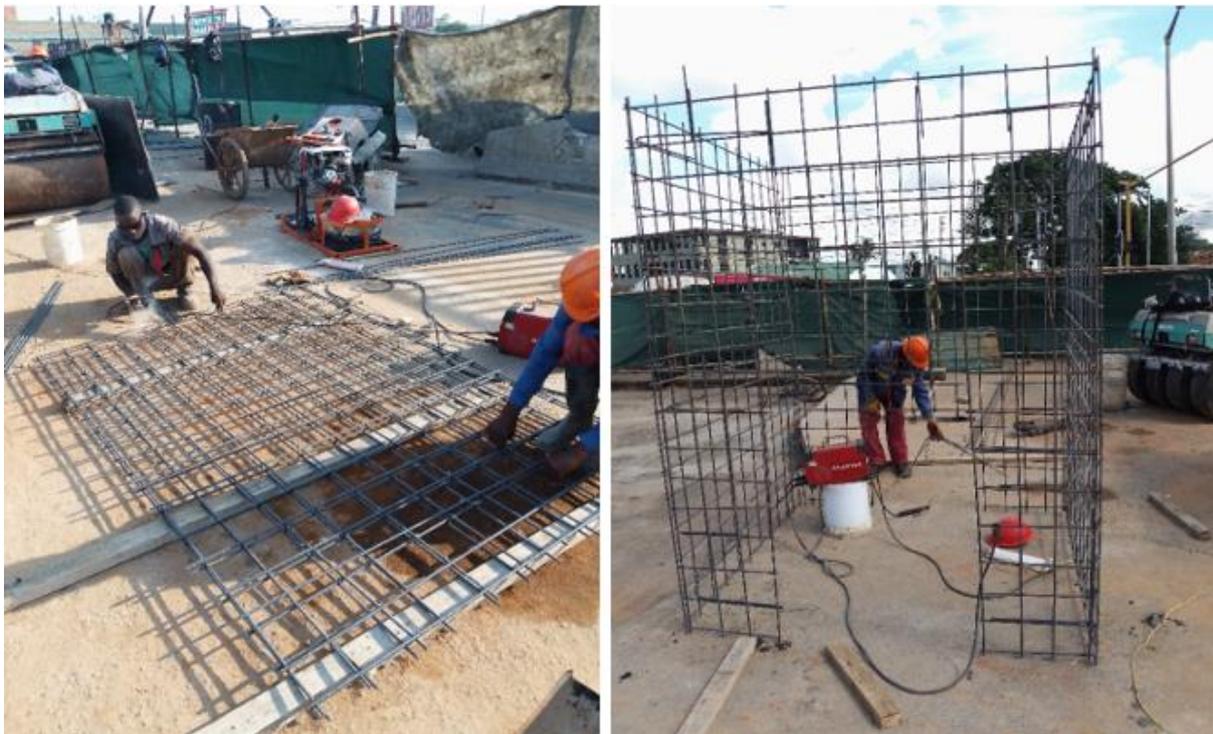
## Relatório de Estágio – Troço Brigada Montada-Zimpeto

A cofragem interior foi a principio feita por meio de chapas metálicas quadradas com largura igual a 1,5m recortada nos contornos das duas manilhas e posteriormente foram usadas chapas de madeira. Devido ao peso que a caixa tinha para a sua colocação e fixação foi usada uma pá escavadora.



*Figura 22: Construção e fixação da cofragem metálica para a caixa de inspeção.*

**Fonte:** Danilo, 2024.



*Figura 23: Execução da malha eletrossoldada para a caixa de inspeção.*

**Fonte:** Autor, 2024.



*Figura 24: Colocação da armadura e das chapas de cofragem de madeira (a esquerda) e betonagem da caixa de inspeção (a direita).*

**Fonte:** Autor, 2024.

#### **4.2.8. Reposição das camadas do pavimento**

No local de intervenção a Estrada N1 apresentava como camadas na sua estrutura o subleito a base de solos naturais, o reforço do subleito realizado com saibro estabilizado mecanicamente, a sub-base de saibro estabilizado com cimento, base tratada com betume e para o revestimento o betão betuminoso. Para a restituição das camadas da estrutura do pavimento, procedeu-se a colocação das camadas obedecendo as mesmas características que as iniciais, porém com a alteração das suas espessuras.



*Figura 25: Estrato das camadas da estrutura do pavimento na zona de intervenção.*

**Fonte:** Danilo, 2024.

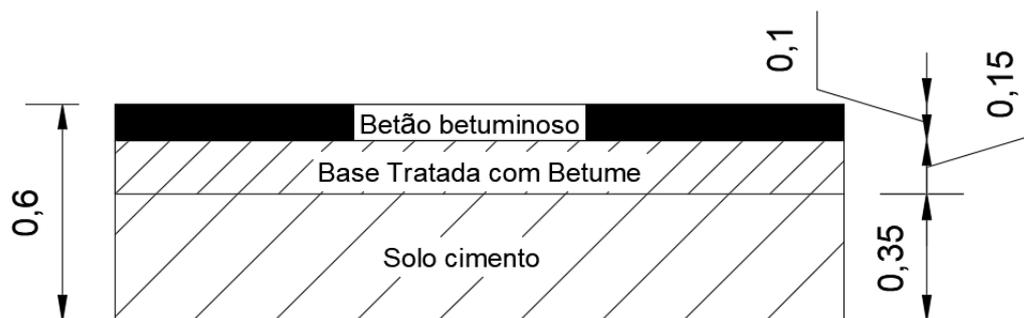


Figura 26: Proposta da nova estrutura do pavimento.

Fonte: Autor, 2024.

#### 4.2.9. Fornecimento de material para a reposição das camadas de pavimento

Após a execução da laje de topo sobre as manilhas, foi colocada uma camada de solo natural sobre os mesmos numa espessura de 5cm e de seguida a camada de reforço do subleito com solo saibro numa espessura de 15cm.

A compactação deste solo deve ser realizada logo após o trabalho de espalhamento e nivelamento. O material foi espalhado manualmente com recurso a pás e regularizado com recurso a ancinhos, a sua compactação foi feita com recurso a um compactador saltitão e um cilindro compactador.



Figura 27: Alocação, espalhamento, nivelamento e compactação do solo selecionado.

Fonte: Autor, 2024.

### Sub-base com solo cimento

A sub-base do revestimento foi realizada com saibro estabilizado quimicamente com 3% de cimento, de acordo com as normas de execução com uma espessura de 35cm.

**Procedimento:** prepara-se a mistura de cimento e saibro em conformidade como traço estabelecido no projecto e devendo esta mistura conter um teor de humidade óptimo de modo a permitir uma boa compactação. Após a mistura estar preparada o solo foi depositado na área de trabalho manualmente do recurso a baldes e carinhos de mão observando a espessura pretendida para esta camada. O solo foi regularizado e a seguir compactado até atingir um grau de compactação óptimo.

A camada de solo-cimento deve ser deixada para a cura num período de 7 dias, depois disso pode fazer-se a sobreposição das outras camadas se necessário. De salientar que segundo as normas do SATCC, os trabalhos sobre as camadas de solo-cimento como rega, compactação e acabamentos devem ser realizados e concluídos num período de tempo não superior a 8h.



*Figura 28: Estabilização do solo cimento, nivelamento, compactação e rega.*

**Fonte:** Autor, 2024.

#### 4.2.10. Colheita de material para o ensaio em laboratório

Na fase de restituição do pavimento contamos com a presença do LEM na obra. A ANE tem um memorando de parceria com o LEM, em que este organismo deve se fazer presente para fazer os ensaios sobre os materiais usados no terreno de modo a garantir bons resultados e boa qualidade estrutural o que acaba contribuindo na longevidade da infraestrutura.

Sendo assim, o LEM, esteve na obra em todas as fases de restituição pavimento para realizar o levantamento de dados e recolha de amostras para posterior análise em laboratório sobretudo sobre o ensaio de teor de humidade e o de compactação.

Após a execução da camada de sub-base, foram realizados os testes de qualidade in situ, através do equipamento TROXLER, através do método nuclear de compactação, de modo a determinar as baridades no local e o grau de compactação atingido no terreno. Tendo sido verificado que os parâmetros verificados na obra estavam em conformidade com os parâmetros de qualidade especificados nas normas utilizadas.



Figura 29: Recolha do material da sub-base para ensaio e realização de ensaio no terreno pelo LEM.

Fonte: Autor, 2024.

#### **4.2.11. Rega de impregnação com MC30**

Este processo foi realizado em conformidade com o disposto na norma de código 410 das Normas de Execução da ANE. O processo de rega de impregnação com MC30 consiste em aplicar o betume fluidificado na superfície da sub-base em solo-cimento tanto em casos em que a base é de material betuminoso assim como quando a camada de solo-cimento funciona como camada base.

Segundo o código 410 das Normas de Execução da ANE, esta actividade deve ser realizada com a observação das seguintes normas:

- A superfície da base ou sub-base deve ser inspeccionada e regularizada de modo a corrigir qualquer defeito ou irregularidade;
- A rega de impregnação deverá ser aplicada sobre a camada, não mais do que 24h depois da limpeza do material solto da superfície da base;
- Deve-se assegurar que as condições atmosféricas não afectam a execução do trabalho;
- Antes da aplicação da rega de impregnação a superfície deverá ser humedecida com água de modo a que se quebrem as tensões superficiais. No entanto a rega de impregnação não deverá de modo algum ser aplicada enquanto a superfície da base apresentar excesso de água;
- A rega deve ser aplicada de modo a dar um tratamento uniforme livre de áreas com excesso ou com falta de rega de impregnação do tipo MC30;
- Os trabalhadores envolvidos neste trabalho deverão estar equipados com fatos-macacos, luvas, óculos e botas. Deve ser evitado o contacto do betume com a pele;
- Marcar os limites da área de trabalho, referenciada ao eixo da estrada e com uma largura predefinida em conformidade com as instruções do fiscal;
- A rega deve ser realizada numa faixa de cada vez. Se a rega for aplicada em várias faixas deve verificar-se uma sobreposição parcial de pelo menos 100mm.
- A rega de impregnação deverá atingir uma penetração nunca inferior a 3mm, devendo preferencialmente ser de 5mm;
- A temperatura de aplicação da rega de impregnação será escolhida de acordo com as instruções do fiscal. Para o caso de utilização de MC30, recomenda-se temperaturas de armazenamento entre 30-65 °C e de aplicação entre 45-60 °C;

Antes da colocação do MC30 deve-se garantir que este é aquecido até atingir o grau de ebulição, segundo a norma cada 1l do MC30 deve corresponder a uma área de 1m<sup>2</sup>. Para o

processo de aplicação do MC30 foi usada uma caneca metálica de volume igual a 11 de modo a facilitar o controle da sua quantidade.



*Figura 30: Rega de impregnação com MC30: aquecimento e colocação.*

**Fonte:** Autor, 2024.



*Figura 31: MC30 aplicado sobre uma camada de sub-base (a esquerda) e sobre uma camada de base (a direita).*

**Fonte:** Autor, 2024.

#### **4.2.12. Rega de colagem com emulsão betuminosa (fog spray)**

Segundo o código 411 da norma de Execução da ANE, o Fog Spray é utilizado para rejuvenescer os revestimentos que apresentam sinais de perda de agregado, para correção de defeitos, para selagem de fissuras muito finas em pavimentos existentes e para o revestimento de novas bases estabilizadas com emulsão ou bases estabilizadas com cimento.

A rega de selagem é uma aplicação por pulverização muito ligeira da emulsão asfáltica diluída. A emulsão asfáltica diluída foi para criar a ligação entre duas superfícies, uma existente e uma subsequente.

**Procedimento:** antes da rega de colagem é necessário garantir que as superfícies a serem regadas estão limpas e isentas de poeira, a limpeza foi feita com recurso a um compressor de ar. A rega Fog Spray foi feita com o objectivo de garantir uma boa aderência entre as massas asfálticas subsequentes e a camada de base ou sub-base antes preparadas com MC30. A colocação do Fog Spray foi feita manualmente com recurso a escovas e pinceis, passando a emulsão sobre toda a área de trabalho que seria asfaltada, sobretudo nas zonas de ligação do antigo pavimento e o novo.



*Figura 32: Processo de Fog Spray.*

**Fonte:** Autor, 2024.

#### **4.2.13. Trabalho de asfaltagem**

Devido as propriedades e especificações que o material deve obedecer antes, durante e depois de chegar ao local que se vai utilizar, o trabalho de asfaltagem carece de alguns cuidados especiais.

#### **Base Tratada com Betume (BTB)**

Segundo a norma de código 353 da norma de Execução da ANE, para o BTB produzido numa central deve-se obedecer a seguinte norma:

- O transporte para o local deve ser efectuado imediatamente após a amassadura e o material deve ser transportado com uma cobertura para evitar a rotura demasiado rápida da emulsão;
- O material deve ser despejado e espalhado de forma a ser imediatamente sujeito a compactação

O BTB para a sua aplicação deve estar com uma temperatura no mínimo de 152°C de modo a permitir uma boa trabalhabilidade, resistência e qualidade depois de compactar.

### Compactação

- O BTB deve ser espalhado em toda a largura de acordo com os níveis de camada de bases indicados no projecto. O corte final deve ser realizado após duas ou três passagens do cilindro compactador. A superfície do BTB deve estar isenta de irregularidades; sendo aplicada uma tolerância máxima de 20mm no que se refere a irregularidades;
- A compactação deve ser realizada até a nega, excepto nos casos em que existam sinais de degradação do material;
- A qualidade do BTB aplicado deve ser determinada através da execução de ensaios de teor de betume. Devendo este teor de betume estar em conformidade com o projecto.

A camada de base foi colocada sob a rega de colagem, o material foi trazido a obra com recurso a camiões basculantes, espalhada manualmente com pás, nivelada com ancinhos e posteriormente compactada com recurso a um cilindro até ganhar a espessura e compactação desejada. As bordas da área a asfaltar foram compactadas com recurso a um compactador saltitão.

O ensaio do BTB esteve a cargo do LEM, que se fez presente na obra para coleta do material para o ensaio.



*Figura 33: Chegada do material da base, espalhamento e nivelamento.*

Fonte: Autor, 2024.



Figura 34: Compactação do material da base.

Fonte: Autor, 2024.



Figura 35: Controle de temperatura durante a colocação do material na área de trabalho pelo LEM.

Fonte: Autor, 2024.

## Asfalto

Segundo o código 460 das Normas de Execução da ANE, esta actividade deve ser realizada com a observação das seguintes normas:

- O transporte de betão betuminoso da sua área de produção ate ao local de trabalho sera feito em camiões equipados com lonas para proteger a mistura e para minimizar a perda de temperatura;
- Não é permitida a circulação sobre o pavimento de betão betuminoso recém colocado;

## Relatório de Estágio – Troço Brigada Montada-Zimpeto

- Doze horas após a aplicação da rega de colagem/impregnação deve ser aplicada a camada de mistura betuminosa com a utilização de uma máquina pavimentadora ou outro equipamento aprovado pelo fiscal;
- O fornecimento do material deve ser de tal maneira que toda a operação possa ser concluída numa jornada de trabalho sem necessidade de trabalhar depois do pôr-do-sol;
- Não deve ser aplicada mistura betuminosa nas horas nocturnas, excepto nos casos que exista iluminação artificial aprovada pelo fiscal;
- Imediatamente após a colocação da mistura betuminosa, a camada deve ser compactada com compactador de pneus e de cilindro vibrador na sequência predefinida e aprovada no trecho experimental;
- Os cilindros compactadores devem trabalhar numa velocidade baixa, de não mais de 5km/hora;
- As juntas transversais e longitudinais devem ser definidas com bordos verticais e em linhas e ângulos rectos através do disco de corte de pavimento;
- A superfície final do pavimento deve ser colocada de forma a seguir o perfil do pavimento existente, devendo-se apresentar livre de irregularidades ou defeitos.

O material betuminoso usado para o revestimento deste pavimento tal como foi com o BTB, o asfalto foi trazido a obra com recurso a camiões basculantes, espalhada manualmente com pás, nivelada com ancinhos e posteriormente compactada com recurso a um cilindro de rolo duplo até ganhar a espessura e compactação desejada.



*Figura 36: Chegada, espalhamento do asfalto na obra.*

**Fonte:** Autor, 2024.



*Figura 37: Compactação do asfalto.*

**Fonte:** Autor, 2024.



*Figura 38: Controle de temperatura dos asfalto pelo LEM.*

**Fonte:** Autor, 2024.

#### **4.2.14. Selagem das juntas**

As juntas de construção são pontos sensíveis e propensos a ocorrência de fissuras, de modo a prevenir o surgimento desta anomalia nestas zonas há a necessidade de fechar a parte da união do pavimento antigo com o novo. Nesta obra para o processo de selagem foi utilizada a emulsão betuminosa e areia grossa, em que primeiro é colocada a emulsão sobre a junta e de seguida coloca-se a areia grossa por cima, após a cura o trânsito pode ser liberado.



*Figura 39: Processo de selagem das juntas.*

**Fonte:** Autor, 2024.

#### **4.2.15. Selagem de fissuras no pavimento**

Esta actividade foi realizada de acordo com o código 460 da Norma de Execução da ANE. A selagem das fissuras foi feita com recurso a lama asfáltica (Slurry Seal). A mistura é feita de emulsão, água, cimento e areia grossa. A lama asfáltica pode ser utilizada para trabalhos de manutenção com a colocação de selagem sobre o pavimento existente para o rejuvenescimento deste, ou para a selagem de pequenas fendas e defeitos ou para reparação de pavimentos que possam apresentar desintegração e desmoronamento (ANE – IP, 2015).

**Procedimento:** prepara-se a mistura de emulsão e água num recipiente até ganhar uma heterogeneidade, de seguida é adicionado cimento com areia grossa e continua-se a mistura de modo a obter uma pasta homogênia com esses materiais. Antes de aplicar a massa asfáltica sobre as fissuras é necessário garantir que estes se encontram limpos e isentos de poeira de modo a garantir a boa aderência da massa asfáltica antes da sua colocação foi aplicada a emulsão sobre as fissuras.



*Figura 40: Preparação e aplicação da lama asfáltica para selar as fissuras.*

**Fonte:** Autor, 2024.

#### 4.2.16. Reposição da estrutura de pavimento em pavê e lancil

##### Assentamento dos lancis

Durante a execução houve a necessidade da retirada de parte da estrutura do pavimento em pavês tanto na faixa de rodagem assim como do passeio.

Os lancis foram assentados de modo a confinar os pavês tanto da faixa de rodagem com os dos passeios, o alinhamento dos lancis define o limites laterais da estrada.

Para o assentamento dos lancis primeiro foi colocada uma camada de agregados e compactados de modo a garantir a estabilidade e equilíbrio desses elementos, sendo eles depois assentes sobre uma camada de argamassa forte. Os lancis foram alinhados continuamente e ligados por uma de argamassa de 20-30mm de espessura para garantir que os pavês dos passeios não tenham pontos de descontinuidade. As juntas dos lancis foram fortificadas com recurso a um betão pobre que foi colocado junto das juntas do lado do passeio.



*Figura 41: Colocação da pedra e rega para o assentamento dos lancis.*

**Fonte:** Autor, 2024.



*Figura 42: Assentamento dos lancis.*

**Fonte:** Autor, 2024.

### **Assentamento dos pavês**

Em conformidade com o projecto, foram usados pavês de 8cm de espessura em forma de zig-zag tanto para a faixa de rodagem assim como para o passeio.

**Procedimento:** lança-se sobre a rasante da base, areia grossa constituindo uma camada denominada almofada e nivela-se manualmente com ajuda de fio de nível e uma régua de regularização, a camada de almofada deve ter uma espessura de 3-5cm para o assentamento dos pavês, após a colocação dos pavês, de forma ordenada lança-se uma camada de areia fina seca para preencher as juntas vazias entre os pavês e com auxílio de uma vassoura ela é espalhada manualmente. A compactação é feita com uma placa de compactar pavê.



*Figura 43: Assentamento dos pavês.*

**Fonte:** Autor, 2024.



*Figura 44: Lançamento de areia fina sobre os pavês (a esquerda) e compactação dos pavês (a direita).*

**Fonte:** Autor, 2024.



*Figura 45: Execução de valeta.*

**Fonte:** Autor, 2024.



*Figura 46: Reposição dos lancil e pavês do separador de faixas.*

**Fonte:** Autor, 2024

#### 4.3. Remoção e substituição do pavimento flexível para pavimento rígido em Bagamoio

A obra de substituição do pavimento flexível para o pavimento rígido neste local fez-se de modo a eliminar os problemas de concentração de água que eram frequentes na zona interceção entre a rua pavimentada de Bagamoio com a EN1, isto porque o pavimento flexível que ali se encontrava apresentava uma depressão que facilitava o acúmulo e o não escoamento das águas pluviais pelo sistema de drenagem como era previsto permitia o surgimento de anomalias ao pavimento, com especial destaque para buracos e a ocorrência de desagregação superficial.

Um dos factores que mais contribuiu para a escolha desta opção é o factor custo de execução e a pequena área de intervenção.

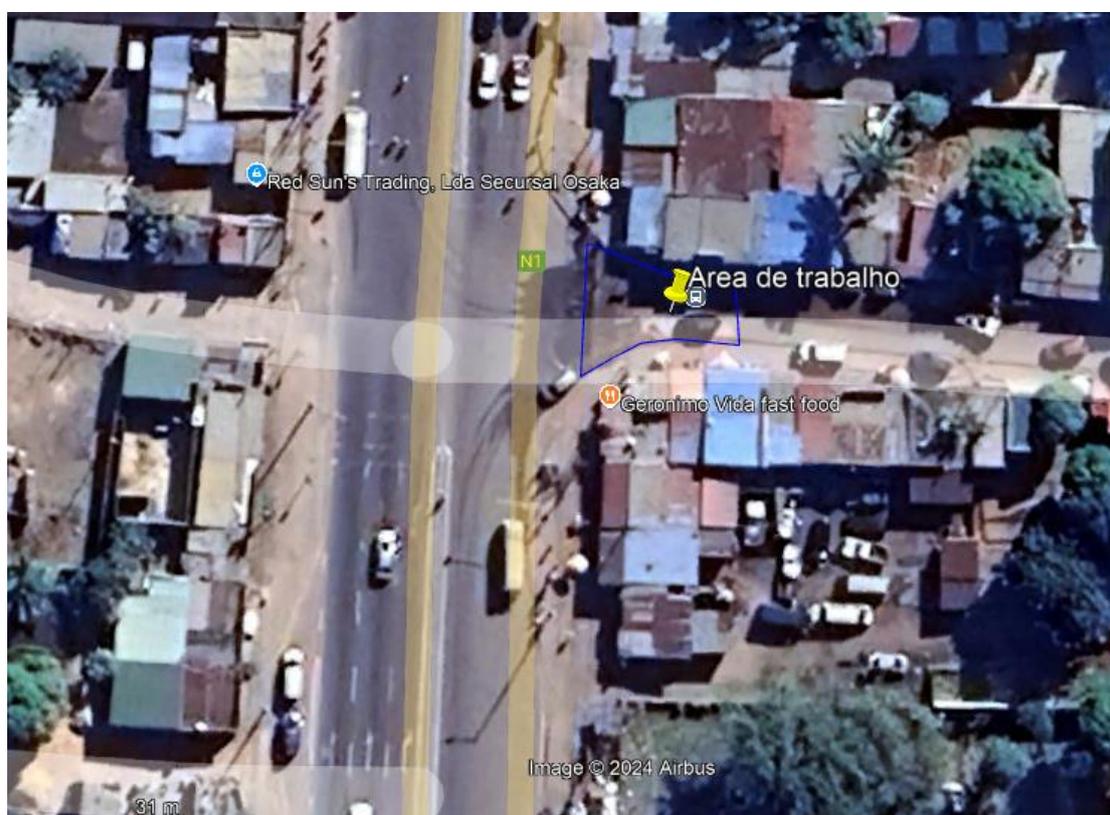


Figura 47: Vista aérea do local de intervenção no bairro de Bagamoio.

Fonte: Google Earth

Embora o trânsito de veículos neste troço tenha sido condicionado devido a realização deste trabalho não houve necessidade de criação de vias alternativas de acesso, a presença de um regulador de trânsito era suficiente.

Esta obra foi levada a cabo enquanto ainda decorriam os trabalhos de finalização da obra de requalificação do sistema de drenagem no bairro de 25 de Junho e por serem bairros próximos não houve a necessidade de movimentar o estaleiro de obras para Bagamoio. A obra foi

executada em 2 fases, sendo a primeira na faixa dos carros que entram no bairro de Bagamoio e a segunda na faixa dos carros que saem de Bagamoio.

#### 4.3.1. Demarcação e início do corte do pavimento

Para esta actividade foi considerado o código 416 da Norma de Execução da ANE referente a escarificação de pavimentos betuminosos existentes, segundo este código as tarefas incluídas para a realização desta actividade são:

- Colocação de sinalização de segurança;
- Assegurar a passagem de tráfego durante os trabalhos;
- Marcação da área a ser escarificada;
- Provisão de equipamento de proteção para os trabalhadores;
- Escarificação do revestimento betuminoso (com o uso de um bulldozer ou niveladora, dependendo da espessura e da natureza do material);
- Transporte e armazenamento do material para locais identificados pelo fiscal;
- Limpeza da área de trabalho;
- Remoção da sinalização temporária.

A marcação das linhas de corte e a realização do corte foi utilizada a máquina cortadora de asfalto (figura 42). Que foi removido pela com o auxílio pá carregadeira. Para as bordas do pavimento foi usado o martelo demolidor elétrico e picareta.



*Figura 48: Cortes no pavimento flexível.*

**Fonte:** Autor, 2024.



*Figura 49: Remoção do pavimento flexível.*

**Fonte:** Autor, 2024.

Após a remoção da camada de revestimento do pavimento flexível notou-se que as camadas inferiores se encontravam em bom estado, não precisando dessa forma de fazer alguma remoção das camadas inferiores, sendo assim, aquela que era a camada de base do pavimento flexível passou a ser a camada de sub-base do pavimento rígido.

#### **4.3.2. Colocação da armadura e cofragem para o betão**

A laje de betão do pavimento será em betão armado de classe B25 com uma espessura de 20cm, com a armadura em cruz e de diâmetro igual a 10mm e espaçados a 15cm nas duas direcções. A cofragem usada para conter o betão era de chapas de madeira de 20cm de altura



*Figura 50: Colocação da malha em cruz e pedra.*

**Fonte:** Autor, 2024.



Figura 51: Colocação da cofragem e controle da inclinação de projecto.

Fonte: Autor, 2024.

#### 4.3.3. Fornecimento de betão e rega da área de betonagem

É recomendado que o betão usado na execução de pavimentos rígidos seja produzido em centrais de produção de betão e misturadoras podendo a dosagem ser feita em massa ou em volume garantido assim um material com qualidade e consistência uniforme.



Figura 52: Fornecimento do betão e rega do agregado.

Fonte: Autor, 2024.

Segundo o código 640 das Normas de Execução da ANE, a produção mecânica do betão deve seguir a seguinte norma:

- Quando o betão é produzido numa central de betão, a central deverá assumir a responsabilidade pela mistura e cumprir as prescrições relativas as etapas de fabrico do betão;
- As quantidades de betão a serem fabricadas em central deverão corresponder as quantidades necessárias em obra para a aplicação imediata e, ainda, garantir que não

ocorre segregação durante o processo de transporte e que a temperatura da mistura é mantida entre 5°C e 30°C;

- Deve realizar-se o ensaio de abaixamento para obter uma indicação da razão água/cimento e da trabalhabilidade;
- A tolerância máxima aceite para o ensaio de abaixamento e de  $\pm 25$ mm em relação ao valor estabelecido.

#### **4.3.4. Betonagem, espalhamento e adensamento do betão**

##### **Colocação do betão**

- A colocação e compactação do betão devem ser realizadas sob a supervisão contínua e directa de um especialista em betões;
- A colocação de betão deve ser iniciada após a confirmação dos resultados dos ensaios da mistura, da posição e aprovação das amassaduras e das cofragens. Devem ser tomadas precauções para não haver excesso de água no local de colocação para evitar a lavagem do betão fresco;
- O betão não deve ser lançado de uma altura superior a 1,5m, nem deve acumular em grandes quantidades na mesma posição ou ser movido ao longo das cofragens. Em caso de utilização de calhas de descargas o comprimento e a inclinação destas devem ser tais que permitam evitar a ocorrência de segregação e devem ser colocados bicos e deflectores adequados na extremidade inferior, de forma a evitar a segregação.

##### **Compactação**

- O betão deve ser totalmente compactado através de meios devidamente aprovados (manuais e mecânicos) durante e imediatamente após a sua colocação. Deve ser cuidadosamente trabalhado contra a confragem, em volta das armaduras, amarrações, moldes, cordões e bainhas e ancoragens embebidos e nos cantos das cofragens de forma a criar uma massa sólida isenta de vazios;
- Excepto em casos de indicações em contrário pelo fiscal, o betão deve ser compactado utilizando vibradores. Deve haver um número suficiente de vibradores em caso de avaria dos vibradores em utilização;
- A vibração deve ser realizada por operários especializados e deve evitar-se a vibração excessiva que possa resultar em segregação, acumulação de água na superfície e fuga.

- O betão deve estar livre e isento de vazios e planos fragéis e deve haver uma adesão firme entre as camadas sucessivas.

Tal como recomendado o betão só foi lançado após a aprovação do empreiteiro e o fiscal da obra após verificação dos resultados dos ensaios do betão na central e lhe foram fornecidos em campo. Antes do processo de betonagem a área de betonagem foi totalmente humedecida de modo a evitar que haja perda da água do betão para a a camada de sub-base tal como pode se ver na figura 46.

Após o lançamento do betão ele foi espalhado com recurso a ancinhos de modo a ter como resultado uma camada de betão solta, continua, homogênea e de altura constante devendo ser distribuido por toda faixa. A compactação do betão foi feita por meio de um vibrador de imersão. A compactação deve ser executada de modo que os raios de abrangência de vibração devem se sobrepôr. É muito importante realizar a compactação pois perde-se muita resistência devido a existência dos vazios no betão.



*Figura 53: Processo de betonagem, espalhamento e adensamento do betão.*

**Fonte:** Autor, 2024.



*Figura 54: Adensamento do betão.*

**Fonte:** Autor, 2024.

#### 4.3.5. Nivelamento, acabamentos e regularização

O nivelamento foi feito manualmente com recurso a um perfil rectangular oco comumente chamado por “régua”. Depressões no betão fresco deverão ser verificadas com a régua, colocada transversalmente ao eixo longitudinal da pista e ao longo do pavimento recém betonado. As depressões encontradas devem ser imediatamente preenchidas com betão fresco, jamais com argamassa ou pasta de cimento, sendo na sequência o pavimento acabado com a régua mais uma vez.

A texturização consiste em promover ranhuras superficiais no pavimento aumentando o atrito entre ele e o pneumático. Serve também como uma espécie de microdrenagem pois evita a formação de lâminas de água capazes de produzir hidroplanagem. A texturização deve ser executada imediatamente após a fase de acabamento do concreto. De modo a manter uma texturização uniforme deve-se evitar a alternância da mão-de-obra e limpeza constante das cerdas. Na obra a texturização foi realizada por meio de cabo de vassoura e foi optado por texturas em forma de ondas na direcção transversal.



*Figura 55: Nivelamento, acabamento e texturização manual do betão.*

**Fonte:** Autor, 2024.



*Figura 56: Texturização.*

**Fonte:** Autor, 2024.

#### 4.3.6. Cura

Esta é uma etapa importante para garantir a durabilidade e resistência das estruturas de betão.

A cura do betão é necessária para que o cimento se hidrate adequadamente e o betão adquira a sua resistência final. Sem cura, o betão pode desenvolver problemas como surgimento de fissuras, trincas, porosidades, erosões, descolorações e lixiviação.

A cura serve para impedir a evaporação de água de amassadura, manter a temperatura do betão próxima a temperatura do ambiente e permitir que as reacções químicas do cimento ocorram normalmente.

O método de cura adoptado deve ser sujeito a aprovação do Fiscal e não deve provocar manchas, contaminação ou defeitos na superfície do betão;

O período de cura deve durar no mínimo 7 dias, sem interrupções, no caso do betão feito cimento Portland ou cimento Portland 15, cimento Portland de presa rápida 15, e deve durar um período de 10 dias em caso de utilização de cimento Portland de alto-forno ou de uma mistura 50/50 de cimento Portland e escória de aciaria granulada.

Para garantir o processo de cura da laje de betão foi usado o método de irrigação periódica, regando a superfície do betão com recurso a baldes de água por um período de 7 dias.



*Figura 57: Cura do betão.*

**Fonte:** Autor, 2024.

#### 4.4. Construção de uma vala de drenagem no bairro de Zimpeto

A obra de construção de um sistema de drenagem de água no bairro de Zimpeto, concretamente na paragem Coqueiros ao lado das instalações do CHINA MALL, foi realizado este trabalho de modo a criar condições de drenagem e alívio da EN1 neste troço que constantemente era alvo do acúmulo de águas pluviais e deixar a estrada livre para que o tráfego circule livremente em dias de chuva. A vala de drenagem foi dimensionada considerando um formato tectangular desta e de modo evacuar a água desde a EN1 até ao rio Mulaúze que se encontra do lado jusante da vala de drenagem.

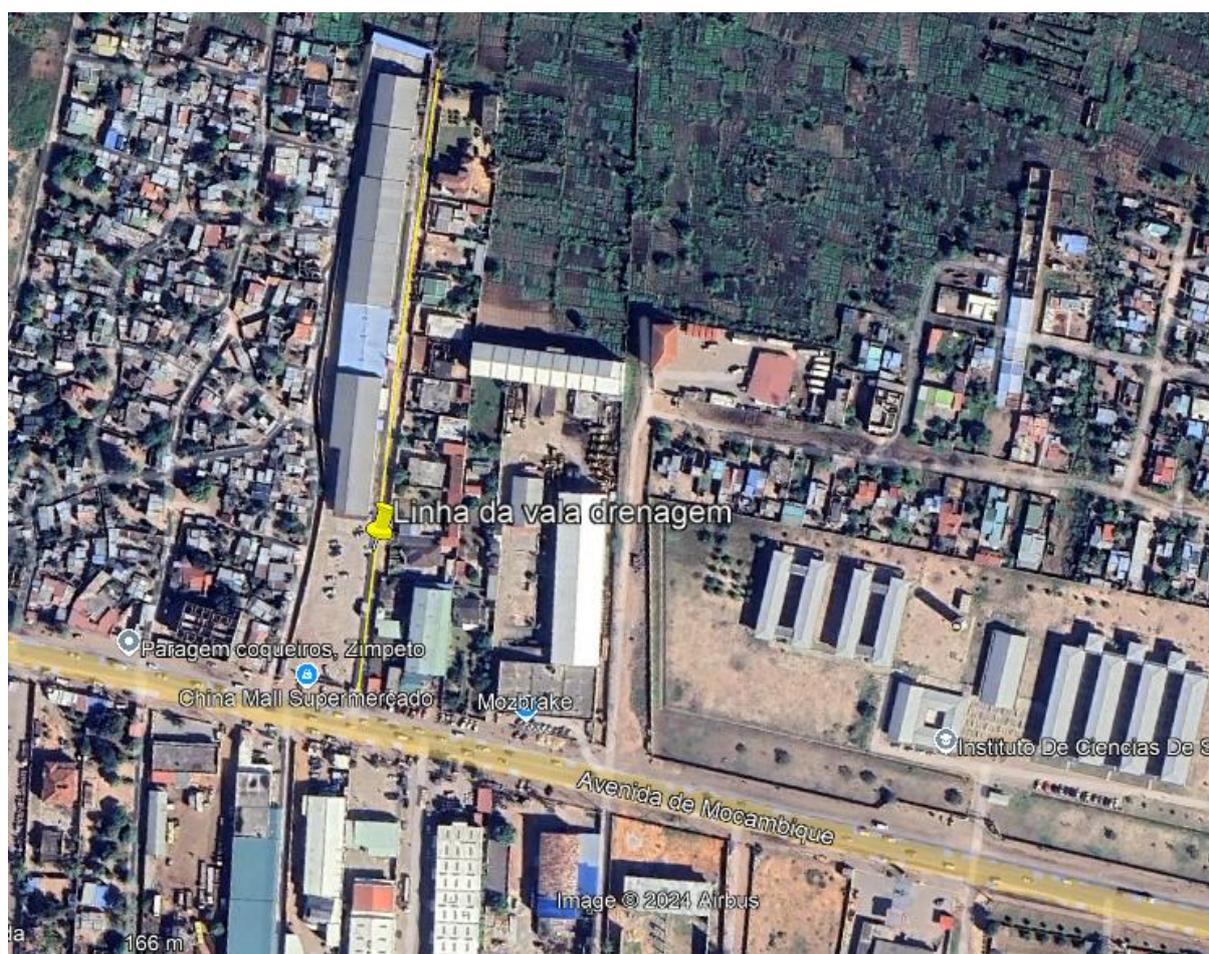


Figura 58: Vista aérea da local de intervenção no bairro de Zimpeto.

Fonte: Google Earth

Esta obra foi realizada sem necessidade nenhuma de interrupção do tráfego da EN1, porém por ter sido feita numa entrada que dava acesso a várias residências muitas das quais cujos residentes tinham carro próprio, a sua livre circulação foi condicionada com o decorrer das obras. A vala conta com cerca de 300m de extensão.

Para esta obra foi executado um estaleiro de obras no local da obra evitando-se assim grandes constrangimentos no que diz respeito a transporte de materiais para a obra.



*Figura 59: Reconhecimento do local.*

**Fonte:** Autor, 2024.

#### **4.4.1. Escavação**

A vala de drenagem foi concebida para que esta ficasse bem próxima ao muro da instalação do estabelecimento CHINA MALL, no entanto por questões de segurança deste elemento durante a construção preferiu-se fazer a escavação a uma distância do muro tal que não comprometa com a estabilidade do mesmo.

A escavação foi feita manualmente com recurso a pás e picaretas.



*Figura 60: Escavação*

**Fonte:** Autor, 2024.

#### 4.4.2. Fornecimento do material

Todo o material recebido foi armazenado no estaleiro da obra, materiais tais como agregados (pedra e areia), cimento, varrões, chapas de cofragem, madeira e algumas ferramentas que foram usadas durante a obra.



Figura 61: Fornecimento de material.

Fonte: Autor, 2024.

#### 4.4.3. Produção do betão

O betão era produzido no local manualmente, respeitando o traço 1:2:2,5 nesse caso um saco de cimento Portland na qualidade de 42,5N correspondendo a dois carinhos de mão de areia grossa e 2,5 carinhos de mão de brita de granulometria  $\frac{3}{4}$  e água consideravelmente recomendada.

A produção do betão foi realizada em observação do código 642 das Normas de Execução da ANE, obedecendo as seguintes normas:

- Todos os trabalhadores envolvidos no processo de amassadura deverão estar equipados com roupas de proteção, incluindo luvas, botas, capacetes e máscaras;
- A dosagem deve ser feita em conformidade com as indicações do projecto. Recomenda-se que sejam misturados juntos 2 sacos de cimento e os respectivos constituintes, de cada vez que se procede a uma amassadura;
- Em primeiro lugar, coloca-se a quantidade de areia necessária. Espalha-se o cimento por cima da areia e finalmente o agregado sobre a mistura de areia e cimento;

- Enquanto é preparada a amassadura de um lote, outro lote deverá ser preparado de seguida de modo a proporcionar um fornecimento contínuo de betão. Esta operação deve repetir-se até que a amassadura fique homogénea (apresentando coloração uniforme);
- Devem ser utilizados recipientes abertos para a aplicação de água. Devem ser tomadas as precauções necessárias para evitar a perda de cimento;
- A água deve ser adicionada durante o processo de amassadura. A quantidade de água adicional deve ser determinada através do ensaio de abaixamento;
- Se o betão for misturado e compactado através de métodos manuais a amassadura devesa adquirir uma maior trabalhabilidade (ou seja, ficar mais fluida) em comparação com o betão produzido de forma mecânica;
- Devem ser tomadas todas as precauções para evitar a perda ou segregação do cimento que reduz a quantidade de cimento na mistura, o que conseqüentemente reduz a resistência do betão;
- A amassadura deve continuar até que o betão fique completamente misturado. A mistura está completa quando:
  - A coloração da amassadura aparenta ser uniforme e homogénea;
  - Todo o agregado esta coberto de cimento;
  - O betão não flui livremente, caso contrário, significa que há excesso de água na mistura.



*Figura 62: Produção do betão.*

**Fonte:** Autor, 2024.

#### 4.4.4. Execução da vala

##### 4.4.4.1. Laje de fundo

A laje de fundo da vala de drenagem foi executada em betão simples e com uma espessura de 15cm, colocando as armaduras em forma de L nas bordas de modo a permitir uma boa ligação da laje de fundo com a parede. Para as secções que se encontram em frente aos acessos de veículos foi colocada uma armadura em forma de U.



*Figura 63: Execução da laje de fundo.*

**Fonte:** Autor, 2024.

#### 4.4.4.2.Paredes

##### Cofragem

Para a execução das paredes foram usadas chapas de cofragem metálicas. Antes da colocação do betão nas cofragens, estas devem ser cuidadosamente limpas de terra ou argamassa excedente da utilização, e devem ser revestidas interiormente com um agente de descofragem.

De modo a não permitir a flambagem da chapa metálica no processo de betonagem, esta foi provida de escoras e reforços longitudinais e transversais.



*Figura 64: Sistema de cofragem.*

**Fonte:** Autor, 2024.

##### Betonagem

As paredes da vala foram feitas de betão com 60cm de altura e 15cm de espessura.



*Figura 65: Betonagem das paredes.*

**Fonte:** Autor, 2024.

#### 4.4.4.3. Descofragem e cura do betão

A descofragem deve ser feita de modo a não submeter a estrutura a choques, sobrecargas não previstas ou danos. De acordo com a norma 230 os moldes podem ser retirados após 24h após a betonagem se usar o cimento Portland. O processo de cura deve durar por um período de 7 dias.



*Figura 66: Descofragem e cura do betão.*

**Fonte:** Autor, 2024.

#### 4.4.4.4. Tampas

De modo a aumentar a rigidez transversal das paredes foram construídas várias lajes (tampas) ao longo da vala devidamente espaçadas. Lajes estas que eram de betão armado com uma espessura de 10cm.



*Figura 67: Lajes de enrijecimento transversal.*

**Fonte:** Autor, 2024.

É importante destacar que o leito da vala de drenagem apresenta alguns degraus no seu percurso, degraus esses que foram devidamente espaçados e colocados de modo a reduzir ou quebrar a energia de escoamento das águas pluviais. Os degraus têm um espelho de 10cm.



*Figura 68: Sistema de degraus da drenagem.*

**Fonte:** Autor, 2024.

#### **4.4.5. Construção da passagem molhada**

A entrada do sistema de drenagem foi executada uma laje em espécie de uma passagem molhada. Esta laje foi executada em betão simples sendo ela suportada por vigas com dimensão de 20x30 em três bordos. esta laje foi executada com o objectivo receber a água pluvial e direciona-la para o sistema de drenagem.



*Figura 69: Escavação e armadura para as vigas da laje.*

**Fonte:** Autor, 2024.



*Figura 70: Execução da laje.*

**Fonte:** Autor, 2024.



*Figura 71: Laje concluída.*

**Fonte:** Autor, 2024.



*Figura 72: Ligação da Laje e o sistema de drenagem.*

**Fonte:** Autor, 2024.

## CAPITULO V

### 5. ANÁLISE DE PROBLEMAS DECORRENTES NO CAMPO

Os actividades em campo foram realizadas tendo em consideração as Normas de Execução da ANE – IP, 2015.

#### 5.1. Nível Freático

Um dos problemas que foi comum em quase todas as obras, foi o alto nível do lençol freático, a profundidades inferiores que à de trabalho já era notável a presença de agua, efeito este que de certa forma comprometeu o decurso normal das actividades pois não era previsto pelo empreiteiro. Observando-se assim a ocorrência de infraescavações acentuadas particularmente na obra de requalificação do sistema de drenagem no bairro 25 de Junho devido a profundidade em que deviam ser assentadas as manilhas, o que foi agravado pela ocorrência de chuvas fortes.

A existência deste nível freático elevado conduziu a execução da laje de fundo em sua grande parte sob a água.



*Figura 73: Presença do nível freático elevado.*

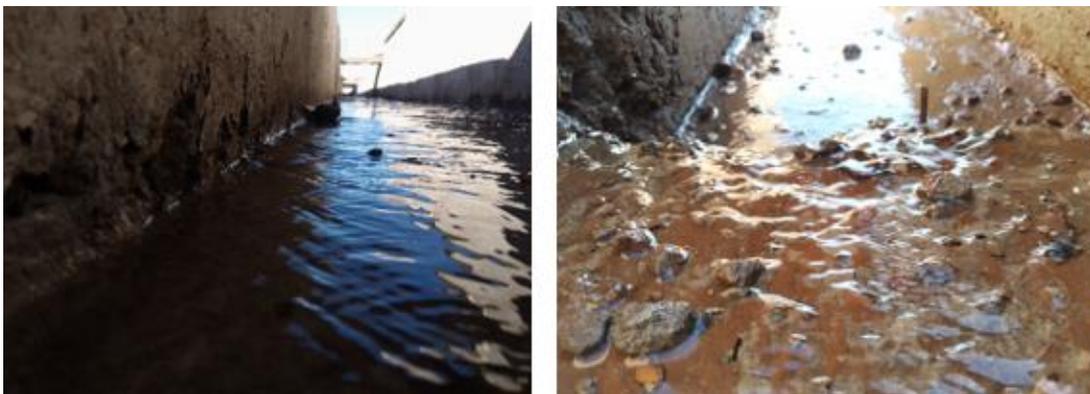
**Fonte:** Autor, 2024.

Devido a presença do nível freático foram registadas anomalias ainda na fase de execução da laje de fundo da vala, pois não foram tomadas medidas para mitigar os efeitos desta ocorrência de água a profundidades consideradas de projecto.



*Figura 74: Segregação do betão da laje de fundo devido ao excesso de água e ocorrência de fissuras.*

**Fonte:** Autor, 2024.



*Figura 75: Problemas de infiltração de água oriunda do lençol freático na vala de drenagem (à esquerda) lavagem de finos devido a corrente da água (à direita).*

**Fonte:** Autor, 2024.

## 5.2. Qualidade e controle do betão

O betão era produzido manualmente o que pode contribuir negativamente na capacidade resistente do mesmo pela não uniformidade da mistura dos materiais e possível não observação do traço do projecto.



*Figura 76: Betão com uma mistura homogénea (à esquerda) e betão com uma mistura não homogénea (à direita)*

**Fonte:** Autor, 2024.

### 5.3. Adensamento do betão

Um betão bem aplicado deve envolver totalmente as armaduras e preencher todos os espaços que a cofragem delimita, sem ter sofrido segregação. A existência de um índice de vazios superior ao aceitável traz grandes quebras na resistência do betão. O adensamento do betão em obra foi feito com recurso a um martelo, batendo as chapas de cofragens de modo a permitir o preenchimento dos vazios com o material fino.



*Figura 77: Defeitos devido ao fraco adensamento do betão..*

**Fonte:** Autor, 2024.

### 5.4. Cofragem

Cofragem é uma construção provisória que deve ser facilmente montável, desmontável e reutilizável, pois é montada rapidamente, solicitada temporariamente durante a betonagem e passados alguns dias é desmontado para preferencialmente ser reutilizada. No terreno foram observadas irregularidades como desalinhamentos resultantes da deslocação, má combinação ou má colocação das cofragens e irregularidades do tipo empenamentos (deformações).



*Figura 78: Irregularidades devido a má cofragem.*

**Fonte:** Autor, 2024.



*Figura 79: Irregularidades bruscas e graduais resultantes da cofragem.*

**Fonte:** Autor, 2024.

## **CAPITULO VI**

### **6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES**

#### **6.1. Conclusão**

A actividade de fiscalização, em particular na área de construção civil e de extrema importância, pois com a realização desta actividade pode se ter a garantia de que a obra é executada de acordo com as normas técnicas, regulamentos e legislações vigentes. Com o acompanhamento das actividades realizadas durante o período de estágio e a realização deste trabalho, observou-se que as secções identificadas para a realização da manutenção de rotina tinham uma causa em comum, presença de água, com isso pode-se concluir que a drenagem de águas nas estradas é de facto um factor crucial a considerar no processo de dimensionamento das estradas.

Olhando para o nível de transitabilidade e qualidade exigido para algumas estradas devido ao serviço que estas prestam e ao volume de tráfego que recebem, a existência de sistemas de drenagem das águas pluviais torna-se essencial para a sua continuidade. A fraca presença de sistemas de drenagem nas estradas é preocupante e o acúmulo de água é um dos factores que mais prejudica a estrada em termos estruturais afectando o seu desempenho, o seu tempo de vida útil e podendo causar acidentes aos seus usuários.

A drenagem de estradas em meios urbanos deve ser tratada de forma mais detalhada pois envolve a segurança de toda a população urbana. Com as intervenções dadas a estas secções, os impactos da água sobre a estrada foram reduzidos drasticamente, garantido maior segurança aos usuários e a durabilidade das estradas.

## **6.2.Recomendações**

### **Para à Faculdade de Engenharia**

- Criar mais condições de visitas de estudo ao longo do programa curricular para os seus formandos de modo a garantir uma melhor assimilação dos conceitos teóricos e ganhar alguma pratica em campo;
- Garantir um acompanhamento ou orientação dos seus estudantes no que diz respeito ao processo de culminação do curso e engrenagem no mundo profissional;
- Criar mais eventos de caracter investigativo, inovador e debates no mundo da engenharia de modo a estimular os estudantes em diferentes matérias de pesquisa;

### **Para à ANE**

- Que haja melhor controle no acto da contratação do empreiteiro para a manutenção das estradas, no que diz respeito a mão-de-obra, conhecimento técnico, conhecimento das normas de execução e ferramentas e máquinas disponíveis para a realização da obra;
- Garantir uma fiscalização adequada e rigorosa de modo a ter mais obras de qualidade e evitando possíveis correções a curto prazo;
- Conceber mais projectos de drenagem para as estradas de modo que o escoamento das aguas pluviais se processe de forma controlada e direcionada, evitando assim prejuízos à população ao redor e a própria via;
- Garantir a correcta aplicação e execução da Norma de Execução nas obras;
- Disponibilizar mais vagas de estágio aos estudantes finalistas de engenharia civil, solicitando da parte do estagiário maior empenho e envolvimento na resolução de problemas ligados a construção civil.

## CAPITULO VII

### 7. Referências bibliográficas

- Administração Nacional de Estradas (2015). *NORMAS DE EXECUÇÃO*.
- Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos. (2021). *Normas para Estradas Urbanas Municipais: Manual de Construção e manutenção de Estradas Urbanas Municipais*. Moçambique: Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos.
- Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos. (2021). *Normas para Estradas Urbanas Municipais: Guião para a Elaboração de projetos de Estradas Urbanas Municipais*. Moçambique: Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos.
- Marques, G. L. (2006). Notas de Aula da Disciplina – Pavimentação TRN 032. Faculdade de Engenharia – Universidade Federal de Juiz de Fora. Retrieved Outubro 23, 2022, from <https://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2009/03/Notas-de-Aula-Prof.-Geraldo.pdf>.
- Langa, R. C. (2024). *Análise da Modalidade empregue para as Obras de Emergência Conducentes a Reposição da Transitabilidade na Estrada R807, Troço Coca-Cola/Matola Gare*. Maputo, Moçambique: Universidade Eduardo Mondlane – Faculdade de Engenharia.
- Mapsanganhe, T. F. (2022). *Análise Comparativa entre um Processo Construtivo e as Especificações Técnicas em Obras de Estradas segundo a Série 3000 do SATCC*. Maputo, Moçambique: Universidade Eduardo Mondlane – Faculdade de Engenharia.
- Rodrigues, J. L. A. (2011). *Conceção de Pavimentos Rígidos*. Universidade de Porto – Faculdade de Engenharia.
- Maia, R. D., Cristiano, B. R. (2014). *Pavimentos Rígidos em Rodovias*. Faculdade DOCTUM – Minas Gerais.
- Maschio, A. (2020). *PAVIMENTOS URBANOS DE CONCRETO*. Associação Brasileira de Cimento Portland.
- Correia, J. I. (2008). *Dimensionamento de Cofragens para Estruturas de Betão Armado*. Universidade de Aveiro – Departamento de Engenharia Civil.

## CAPITULO VIII

### 8. ANEXOS



*Figura 80: Amostras de misturas betuminosas recolhidas na obra de 25 de Junho para serem ensaiadas pelo LEM.*

**Fonte:** Autor, 2024.



*Figura 81: Equipamento para a realização do ensaio de baridade teórica máxima.*

**Fonte:** Autor, 2024.



Figura 82: Ensaio para determinação do teor de Betume pelo método de centrifugação realizado pelo LEM.

Fonte: Autor, 2024.



Figura 83: Limpeza do sistema de drenagem no bairro de Inhagoia.

Fonte: Autor, 2024.



*Figura 84: Visita à uma câmara de empréstimo na vila de Mapulaguene, Distrito de Magude.*

**Fonte:** Autor, 2024.



*Figura 85: Visita a reserva de Matongomane.*

**Fonte:** Autor, 2024.