



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

Departamento de engenharia civil

CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA CIVIL

ESTÁGIO PROFISSIONAL

**OBSERVAÇÃO DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS COM
SUPORTE A UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO DIGITAL**

Estudo de caso ESTRADAS DO MUNICÍPIO DE MAPUTO

Nome do autor:

Cavele, Fernando

Supervisores:

Eng^o Celso Nicol's (DECI-FEUEM)

Eng^o Sérgio Sebastião (Conselho Municipal da Cidade de Maputo - DMIU/DE)

MAPUTO, Março de 2022



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

Departamento de engenharia civil

CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA CIVIL

ESTÁGIO PROFISSIONAL

**OBSERVAÇÃO DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS COM
SUPORTE A UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO DIGITAL**

Estudo de caso: ESTRADAS DO MUNICÍPIO DE MAPUTO

Nome do autor:

Cavele, Fernando

Supervisores:

Eng^o Celso Nicol's (DECI-FEUEM)

Eng^o Sérgio Sebastião (Conselho Municipal da Cidade de Maputo - DMIU/DE)

MAPUTO, Março de 2022

Fernando Cavele

Relatório de Estágio Profissional, Apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane para Obtenção do Grau de Licenciatura em Engenharia Civil

Autor:

(Fernando Cavele)

Supervisores:

(Eng^o Celso Nicol's)

(Eng^o Sergio Sebastião)

TERMO DE ENTREGA

Declaro que o estudante Cavele, Fernando entregou (02) cópias do relatório do seu Estágio profissional com referência:

Chefe da Secretaria

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, **Cavele, Fernando**, Declaro por minha honra, que este trabalho é resultado da minha investigação com recurso a bibliografia com referência devidamente citada ao longo do relatório que é submetido para obtenção do grau de licenciatura em Engenharia Civil, pela faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane.

Autor:

(Fernando Cavele)

DEDICATÓRIA

À família, amigos e vizinhos:

“Não importa o que lhe aconteça, nada e ninguém poderá lhe tirar a educação, e não importa onde esteja e ou o que faça, o conhecimento será sempre o seu melhor amigo.”

Robin Sharma

AGRADCIMENTOS

O autor deseja manifestar a sua maior gratidão ao criador do universo pelo Dom da vida, provisão e direção, que tem dotado em cada etapa da sua vida.

- Ao supervisor, Eng^o Celso Nicol's, pela orientação neste trabalho

- Ao supervisor, Eng^o Sérgio Sebastião, não apenas pela orientação neste trabalho, mas também pelo desafio de trabalhar na projeção de algo diferente “sistema de informação digital de levantamento de buracos”, pelas oportunidades por ele criadas de realizar e assistir a várias actividades no âmbito de estradas, inserindo-o à vida profissional de um engenheiro, e por fim pelo material partilhado.

- Aos Engenheiros, Helder e Anibal, pelo esclarecimento de muitas dúvidas, conselhos e direção.

- À Gércia Checus, pela revisão linguísticas deste documento.

- Aos demais professores, desde o ensino primário ao universitário por fazerem da sua formação um percurso alegre e repleto de aprendizagem.

- Ao seu colega, Adelino Mahumane, com quem teve a oportunidade de partilhar a sala de estágio, com quem criou desde o cronograma ate a criação do sistema de informação digital de levantamento de patologia, tendo durante esse curto período vivido bons momentos ao seu lado.

- Aos seus colegas, em especial Benício Nhamtumbo, Derceu Mate, José Maguajane e Maldine Mapangane por darem sentido a esse percurso.

ÍNDICE DE TEXTO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1.	PROBLEMA DE PESQUISA	2
1.2.	JUSTIFICATIVA	2
1.3.	OBJETIVOS	4
1.3.1.	<i>Geral</i>	4
1.3.2.	<i>Específicos</i>	4
1.4.	METODOLOGIA.....	4
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1.	PATOLOGIAS DOS PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS (FLEXÍVEIS).....	5
2.1.1.	<i>Introdução</i>	5
2.1.1.1.	Influência dos factores Activos e passivos na degradação dos pavimentos.....	6
2.1.2.	<i>Família e tipos de degradação de pavimentos flexíveis</i>	7
2.1.2.1.	Deformações.....	7
2.1.2.1.1.	Abatimento.....	7
2.1.2.1.1.1.	Causas do abatimento.....	8
2.1.2.1.2.	Ondulação	8
2.1.2.1.2.1.	Causas da ondulação	8
2.1.2.1.3.	Rodeiras.....	9
2.1.2.1.3.1.	Causas das Rodeias.....	9
2.1.2.2.	Fendilhamento.....	9
2.1.2.2.1.	Fendas parabólicas.....	10
2.1.2.2.1.1.	Causas das fendas parabólicas.....	10
2.1.2.2.2.	Fendas Transversais	11
2.1.2.3.	Pele de crocodilo	11
2.1.2.4.	Desagregação da camada de desgaste.....	12
2.1.2.4.1.	Cabeça de gato.....	12
2.1.2.4.1.1.	Causas da cabeça de gato.....	12
2.1.2.4.2.	Desagregação superficial	13
2.1.2.4.2.1.	Causas da desagregação superficial.....	13
2.1.2.4.3.	Pelada (descamação).....	13
2.1.2.4.3.1.	Causas da pelada (descamação).....	14
2.1.2.4.4.	Buracos (Covas ou Ninhos).....	14
2.1.2.4.4.1.	Causas dos Buracos	15
2.1.2.5.	Movimento de materiais.....	15
2.1.2.5.1.	Exsudação.....	15
2.1.2.5.1.1.	Causas da exsudação	15
2.1.2.5.2.	Subida de finos.....	16
2.2.	TÉCNICAS DE CONSERVAÇÃO E REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS.....	16
2.2.1.	<i>Introdução</i>	16
2.2.1.1.	Importância da conservação de pavimentos	17
2.2.2.	<i>Estratégias de conservação de pavimentos</i>	17
2.2.2.1.	Conservação periódica	17
2.2.2.1.1.	Conservação preventiva	17
2.2.2.1.2.	Estratégia de conservação com realização de reforços periódicos.....	18
2.2.2.2.	Conservação corrente.....	18
2.2.3.	<i>Técnicas de conservação de pavimentos</i>	19
2.2.3.1.	Conservação da qualidade funcional ou superficial.....	19
2.2.3.1.1.	Técnicas de conservação das características superficiais.....	19
2.2.3.1.2.	Reparações localizadas	20
2.2.3.1.2.1.	Passos a considerar para a correta execução de uma reparação localizada.....	21
2.2.3.1.2.2.	Principais problemas que surgem devido a uma inadequada reparação.....	22
2.2.3.2.	Conservação das características estruturais.....	23
2.3.	PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DO PAVIMENTO E CRITÉRIOS DE PRIORIZAÇÃO DE INTERVENÇÕES DE CONSERVAÇÃO/REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS.....	23
2.3.1.	<i>PARÂMETROS DE ESTADO</i>	23
2.3.1.1.	Caracterização da condição do pavimento pelo método de PCI.....	23
2.3.1.2.	Caracterização da condição do pavimento pelo método de PSI.....	24

2.3.2. CRITÉRIOS DE PRIORIZAÇÃO DE INTERVENÇÕES DE CONSERVAÇÃO OU REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS.....	26
3. APRESENTAÇÃO DO SISTEMA DIGITAL DE OBSERVAÇÃO DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS.....	28
3.1. DISCRIÇÃO DO QGIS E DO QFIELD.....	28
3.2. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO DIGITAL.....	30
3.3. FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO DIGITAL.....	31
3.4. VISUALIZAÇÃO DOS DADOS COLHIDOS NO QGIS E NO EXCEL.....	33
3.5. VISUALIZAÇÃO DE FICHEIROS EM FORMATO XLSX (FICHEIROS DO EXCEL) NO QGIS.....	36
3.6. CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO DIGITAL.....	37
3.7. OBSERVAÇÃO DOS PAVIMENTOS JÁ INTERVENCIONADOS.....	37
4. ESTUDO DO CASO.....	39
4.1. LEVANTAMENTO DE PATOLOGIAS (BURACOS).....	39
4.2. OBSERVAÇÃO DOS PAVIMENTOS JÁ INTERVENCIONADAS.....	41
4.4. PRIORIZAÇÃO DE INTERVENÇÕES DE MANUTENÇÃO DE ROTINA.....	43
4.5. RESUMO DO RESULTADOS OBTIDOS.....	45
4.5.1. Levantamento de patologias (buracos).....	46
.....	46
4.5.2. Definição de prioridades.....	47
.....	47
5. CONCLUSÕES.....	48
5.1. RECOMENDAÇÕES.....	48
5.2. PERSPECTIVAS.....	49
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
7. APENDIX.....	51
7.1. CRIAÇÃO DO SISTEMA DIGITAL DE LEVANTAMENTO DE BURACOS.....	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Representação da situação antes do tapamento dos buracos de alguns troços da Av. Julius Nyerere.....	3
Figura 2- Representação de Pavimentos degradados (fonte: tirada durante aos trabalhos de manutenção de rotina, Município de Maputo).....	5
Figura 3- Representação de um abatimento (fonte: foto tirada no Município de Maputo)	8
Figura 4- Representação da patologia do tipo ondulação (fonte: foto tirada do Município de Maputo).....	9
Figura 5- Representação da patologia do tipo Rodeira (fonte: foto tirada no Município de Maputo).....	9
Figura 6- Representação de fendas parabólicas (estrada que liga ponte Alcantra)	10
Figura 7- Representação de fendas transversais (estrada que liga ponte Alcantra)	11
Figura 8- Representação da patologia tipo pele de crocodilo (foto tirada no Município de Maputo).....	12
Figura 9- Representação da patologia tipo cabeça de gato (Av. karl Max)	13
Figura 10- Representação da patologia tipo desagregação superficial (fonte: foto tirada no Município de Maputo).....	13
Figura 11- Representação da patologia tipo pelada.....	14
Figura 12- Representação da patologia tipo covas (Av. Julius Neyere).....	14
Figura 13- Representação da patologia do tipo exudação (fonte: foto tirada do Município de Maputo)	15
Figura 14- Representação da patologia do tipo subida de finos (foto tirada no Município de Maputo).....	16
Figura 15- Representação dos passos a considerar para a correta execução de uma reparação localizada.....	22
Figura 16- Representação dos principais problemas que surgem devido a uma inadequada reparação.....	22
Figura 17- Interrelação entre o PSI e a Vida útil (fonte: DNIT)	25
Figura 18- Representação do GIS e Qfield	28
Figura 19- Representação das características do Sistema de informação digital (interface do aplicativo Qfield).....	31
Figura 20- Importação dos dados colhidos no campo para o software QGIS	32
Figura 21- Visualização da tabela de atributos	33
Figura 22- Visualização de imagens	34
Figura 23- Processo de visualização do tabela de atributos no Excel	35
Figura 24- Tabela de atributos formatada no Excel.....	36
Figura 25- Introdução do ficheiro em xls.....	36
Figura 26- Visualização da tabela de atributos do ficheiro em formato xls.....	37
Figura 27- Levantamento de buracos (Av. Julius Nheyrere)	39
Figura 28- Levantamento de buracos (Av. Julius Nheyrere)	40
Figura 29- Levantamento de buracos (Av. Julius Nheyrere)	40
Figura 30- Avaliação da condição do pavimento em uma das visitas de monitoria (Interface da QGIS).....	41
Figura 31- Avaliação da condição do pavimento em uma das visitas de monitoria (Interface da QGIS	42

Figura 32- Avaliação da condição do pavimento em uma das visitas de monitoria (Interface da QGIS).....	42
Figura 33- Avaliação da condição do pavimento (PSI e PCI).....	44
Figura 34- Avaliação da condição do pavimento (PSI e PCI).....	44
Figura 35- Avaliação da condição do pavimento (PSI e PCI).....	45
Figura 36- Avaliação da condição do pavimento (PSI e PCI).....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Simbologia e abreviatura.....	XI
Tabela 2- Famílias e Tipos de Degradação de Pavimentos Flexíveis (espelho da fonte: Pereira & Miranda 1999)	7
Tabela 3- Características e domínios de aplicação das técnicas de conservação das características superficiais de pavimentos flexíveis segundo Brosseau 1994	19
Tabela 4- Características das técnicas de conservação das características superficiais de pavimentos flexíveis segundo Brosseau 1994.....	20
Tabela 5- Vantagens e desvantagens das técnicas de conservação das características superficiais de pavimentos flexíveis segundo Brosseau 1994	20
Tabela 6- Avaliação da condição do pavimento pelo PCI (fonte: ASTM).....	24
Tabela 7- Tipo de intervenção de acordo com o PCI (fonte: melhorado do ASPHALT INSTITUTE (1981)).....	24
Tabela 8- Classificação de PSI (HPMS, 1984, MOK SMISH, 1997, APUD, SEBASTIÃO, 2021).....	25
Tabela 9- Fator de tráfego (fonte: Tavakoli (1992)).....	26
Tabela 10- Fator de classe (fonte: Tavakoli (1992)).....	26
Tabela 11- Índice de manutenção (fonte: Tavakoli (1992))	27
Tabela 12- Estratégias de manutenção (fonte: Tavakoli (1992))	27
Tabela 13- Estratégias recomendada em função do PCI (fonte: Tavakoli (1992)).....	27
Tabela 14- Tabela de atributos do levantamento de patologias (buracos)	46
Tabela 15- Tabela de atributos dos dados de observação de pavimentos (interface do QGIS).....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Acrónimo	
Símbolo ou abreviatura	Significado
AASHO	American Association State Highways Officials
AHP	Analytic Hierarchy Process
ANE	Administração Nacional de Estradas
ASTM	American Society for Testing and Materials
CMM	Conselho Municipal de Maputo
DMIU-DE	Direcção de Municipal de Infraestruturas Urbanas-Departamento De Estradas
DNIT	Departamento nacional de Infraestrutura e transporte
HDM	Highway Development Managemant
IP	Índice de Prioridade
PCI	Pavement Condition Index
PSI	Pavement Serviciability Index
RGE	Repartição de Gestão de Estradas
RME	Repartição de Manutenção de Estradas

Tabela 1- Simbologia e abreviatura

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta de um sistema de informação digital, que servirá de base de dados para apoio na gestão operacional da conservação, reabilitação ou reconstrução da rede de estradas do Município de Maputo, servindo de base para a priorização de intervenções de conservação/reabilitação ou reconstrução de pavimentos, a partir da avaliação da condição do pavimento, servicibilidade do pavimento, análise de condições de prioridade e monitorando o desempenho de pavimentos após beneficiarem-se, a dada altura, uma intervenção, num contexto em que a administração do Conselho Municipal de Maputo deve manter, melhorar e expandir a rede, gerindo ao mesmo tempo as expectativas dos utentes, que esperam níveis de serviço cada vez melhores em termos de conforto, segurança e economia.

Com recurso ao sistema de informação digital, fez-se um estudo do caso em vários troços de várias estradas da rede do Município de Maputo, onde foram feitos levantamentos de patologias, seguido por uma avaliação do estado dos seus pavimentos, através dos parâmetros de estado: Índice da condição do pavimento (PCI), índice de servicibilidade de pavimentos (PSI).

E foi definida a priorização de intervenção para os troços analises, através do Índice de prioridade (IP), estabelecido por Travakoli (1992).

Palavras chave: Conservação/Reabilitação de Estradas. Camada de Desgaste. Degradação de pavimentos

ABSTRACT

This assignment presents a proposal for a digital information system, which will serve as a database to support the operational and strategic management of conservation/rehabilitation of the road network in the Municipality of Maputo, serving as a basis for prioritizing the conservation/rehabilitation or reconstruction of Maputo city road pavements, based on the evaluation of the pavement condition, pavement serviceability, analysis of priorate conditions and monitoring the pavements that will have suffered, at a given time, an intervention, in a context in which the administration of the Maputo Municipal Council must maintain, improve and expand the network, while managing the expectations of users, who expect increasingly good levels of service in terms of comfort, safety and economy.

A case study was carried out on several sections of several roads in the network of the Municipality of Maputo, where surveys of pathologies, was also carried an avaluation pavement condition through state pavement parameters, such as: pavement condition index (PCI), pavement serviceability index (PSI).

And then was defined the prioritizing of those pavement sections through the priority index (IP) sudied by Travakoli (1992).

Keywords: Conservation/Rehabilitation of Roads. road degradation. Wear Layer. road degradation

SUMÁRIO

Este trabalho é constituído por 7 (sete) capítulos.

No capítulo 1, justifica-se a necessidade e relevância da concepção do sistema digital, coloca-se o problema da pesquisa, seus objectivos e a metodologia adotada para alcançar os objectivos.

No capítulo 2, faz-se a revisão da literatura, apresentando-se conceitos sobre degradação de pavimentos, família e tipos de degradação e suas causas. Apresenta-se também conceitos sobre conservação/reabilitação de pavimentos, métodos de conservação, estratégias de conservação, tipos e técnicas de conservação. E por fim faz-se menção aos parâmetros usados para a avaliação da condição do pavimento e aos critérios de priorização de intervenções de conservação/reabilitação de pavimentos rodoviários.

No capítulo 3, faz-se a apresentação do sistema digital, demonstrando, o seu funcionamento, softwares e aplicativos usados para sua concessão.

No capítulo 4, apresenta-se o estudo de caso, arrolando-se a análise da condição atual de alguns pavimentos que sofreram intervenções comparando a situação antecedente à intervenção com a situação consequente à intervenção e a situação atual, calculando-se o PSI e PCI e por fim determina-se o IP.

No capítulo 5, apresentam-se as conclusões, as perspectivas e recomendações.

No capítulo 6, faz-se menção a bibliografia usada na produção do sistema.

No capítulo 7, apresentam-se os appendix referentes ao passo a passo da concepção do sistema de informação digital.

1. INTRODUÇÃO

Um dos elementos fundamentais e determinantes no desenvolvimento de um país é o sistema de transporte (transporte rodoviário, ferroviário, fluvial, aéreo, etc.). Entre eles, o transporte rodoviário é um elo fundamental dentro do sistema, este corresponde a infraestrutura de todo o transporte automotor (aeroportos, portos, terminais ferroviárias, etc.).

As vias de comunicação têm, desde muito cedo, um papel importante no mundo e na vida das pessoas. As estradas são vias de transporte terrestres que permitem ligar dois espaços (países, cidades, lugares, etc.) que correspondem a uma origem e a um destino. O seu conjunto constitui uma rede de estrada. Segundo Reis (2009:2), Pavimento é a estrutura contruída 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.

A rede de estrada do Município de Maputo faz jus a esse entendimento, porém, a falta de uma estratégia de conservação/reabilitação de pavimentos da rede de estradas da cidade de Maputo e o uso de métodos tradicionais de gestão da rede viária, contribuem para a deficiente conservação da rede, facto que agrava a deterioração da rede por meio da evolução dos seus defeitos, envelhecendo o pavimento e reduzindo cada vez mais as suas qualidades, principalmente a funcional (conforto, segurança, estabilidade e economia ao usuário). Não adotar um sistema de gestão apropriado promove o aumento significativo de intervenções de emergência e tomada de decisão, muita das vezes sem critério fundamentado por uma base científica.

A globalização tem trazido consigo constantes avanços em várias áreas da vida (tecnológica e engenharia, etc.), tornando digitais várias formas de trabalho, reduzindo, assim, desperdício de tempo, recursos materiais, equipamentos, humanos e financeiros, aumentando a eficiência e boa gestão através do uso de softwares e aplicativos informáticos. É neste âmbito que o sistema de informação digital é proposto como uma ferramenta digital que possa servir de auxílio para a análise e gestão de manutenção de estradas.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

Estima-se que a rede de estradas do Município de Maputo tenha um comprimento de cerca de 1001 km, dos quais 400,4 km (40%) são pavimentadas, deixando um total de 60% de estrada de terra batida. Entretanto, não há uma base fiável que demonstre a real condição da rede, que permita a monitoria nas intervenções de construção/reabilitação da rede, Segundo Sérgio Sebastião (2021), citando CMM-DMIU-DE (2016).

A inexistência de uma base de dados fiável resulta na realização dos trabalhos de manutenção de rotina (tapamento de buracos) de forma aleatório e sem orientação por meio de uma base científica.

Por conseguinte, alguns locais beneficiam-se de varias intervenções, enquanto que outros ficam relegados ao esquecimento. Uma vez que os mecanismos atualmente existentes não permitem que diferentes intervenientes ou interessados no processo, obtenham informação relativa a condição atual dos pavimentos das estradas, critérios científicos que norteiem a priorização de intervenções. Facto que conduz ao cenário de degradação crónica.

Como consequência, ao utente é oferecido um nível de serviço com altos riscos de acidentes, problemas de congestionamento, aumento de ruído, desconforto e altos custos de operação.

Com estes pressupostos, formula-se a seguinte questão de partida:

- ♣ ***Que requisitos técnicos funcionais deverá comportar um sistema de informação digital de apoio a tomada de decisão na gestão operacional da conservação, reabilitação ou reconstrução da rede de estradas do Município de Maputo ?***

1.2. JUSTIFICATIVA

Com o crescente número de estradas degradadas na cidade de Maputo, o CMM se vê obrigado a ter respostas mais dinâmicas face às necessidades atuais no processo de conservação e reabilitação de estradas. Assim sendo a RME é forçada a conceber um Sistema (Modelo) de gestão de manutenção de estradas que responda positivamente as exigências geradas pela crescente degradação de estradas.

O sistema (Modelo) de ser capaz de:

a) Melhorar a forma de levantamento de buracos

- ♣ Seja capaz de fornecer a DMIU, informação sobre a condição atual das estradas, disponibilizando dados suficientes para tomada de decisão no sentido de definir priorização nas intervenções de conservação e manutenção de estradas.
- ♣ Disponibilizar dados suficientes, em termos de volume de material asfáltico (betuminoso) necessário para intervenções de conservação e manutenção de uma estrada, conhecendo a sua condição atual.

b) Garantir melhoria na gestão de material, equipamentos e recursos humanos

- ♣ Conhecendo se o volume de material necessário para a conservação e reabilitação de uma estrada, tendo em consideração a sua condição atual, torna-se possível saber que quantidade de material asfáltico deve ser usado em cada uma das estradas a beneficiarem intervenções num determinado dia;
- ♣ Prever o equipamento necessário e a quantidade de homens para executar o trabalho.

c) Avaliação dos métodos de manutenção usados e monitoria das intervenções realizadas

- ♣ A partir do modelo de gestão pode-se criar um sistema de monitoria que indique as estradas já conservadas/mantidas, os pontos que beneficiaram-se de intervenção, data da correção dos problemas e consequentemente a eficácia do método dos métodos de conservação/reabilitação de pavimentos rodoviários.



Figura 1- Representação da situação antes do tapamento dos buracos de alguns troços da Av. Julius Nyerere

1.3. OBJECTIVOS

1.3.1. Geral

- ♣ Conceber um sistema de informação digital para auxiliar na gestão de manutenção de estradas do Município de Maputo, que torne os trabalhos de manutenção de rotina mais eficientes e sustentáveis, no que tange, principalmente, a tomada de decisão para a manutenção, reabilitação, reconstrução e expansão da rede.

1.3.2. Específicos

- ♣ Estabelecer o marco teórico em relação à patologias em pavimentos rodoviários (flexíveis), observação, conservação/reabilitação de pavimentos rodoviários, parâmetros de estado e critérios de priorização de intervenções de conservação ou reabilitação de pavimentos rodoviários;
- ♣ Apresentar o processo de concepção do sistema digital para observação de pavimentos rodoviários;
- ♣ Demonstrar o funcionamento do sistema, apresentando vantagens e desvantagens;

1.4. METODOLOGIA

Para se alcançar os objetivos traçados, foi adotada a seguinte metodologia

- ♣ Uso do software QGIS e do aplicativo Qfield;
- ♣ Consultas bibliográficas (sobre degradação de pavimentos rodoviários, métodos de conservação de pavimentos, parâmetro de estado e critérios de priorização);
- ♣ Pesquisas na internet (funcionamento dos software QGIS e aplicativo Qfield) ;
- ♣ Discussão com os supervisores;
- ♣ Observação direta (Realização de testes em alguns troços da avenida Julius Nyerere); e
- ♣ Entrevista à equipe técnica.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PATOLOGIAS DOS PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS (FLEXÍVEIS)

2.1.1. Introdução

Os pavimentos rodoviários, logo após a sua construção, começam a ser submetidas à ações (agentes climáticos e tráfego) diversas que se traduzem no aparecimento de uma vasta diversidade de patologias, que contribuem para a sua degradação. (Santos, 2006)



Figura 2- Representação de Pavimentos degradados (fonte: tirada durante aos trabalhos de manutenção de rotina, Município de Maputo)

Degradação de pavimentos é a redução da sua qualidade inicial. A degradações mais relevantes compreendem o aparecimento de deformações permanentes e o desenvolvimento de fendilhamento nas camadas betuminosas.

Segundo Santos (1999), A qualidade de um pavimento é definida de duas formas: **Qualidade funcional**, que é definida em termos de conforto e segurança que o pavimento oferece aos utentes.

Qualidade estrutural, que corresponde a capacidade do pavimento de suportar cargas à que estiver sujeito.

Segundo Santos (2006) A degradação de pavimentos depende de dois fatores: **Fatores Activos**, os principais para a degradação de pavimentos, compreendem o tráfego e os agentes climáticos. (Pereira & Miranda, 1999)

Fatores Passivos, compreendem as características do pavimento, como materias utilizados, espessura das variadas camadas, o processo de construção e até mesmo o processo de concepção (dimensionamento). Os fatores passivos não são muito implicantes na degradação de pavimentos. (Pereira & Miranda, 1999)

2.1.1.1. Influência dos factores Activos e passivos na degradação dos pavimentos

Materiais aglutinados

No caso dos materiais betuminosos, a sua evolução está relacionada ao envelhecimento do ligante, por ação da luz, variações de temperatura e fadiga.

As variações de temperatura determinam diferentes condições de solicitação para a mistura. Assim as temperaturas muito elevadas, reduzem a viscosidade do ligante, provocam redução de rigidez da mistura, aumentando a sua susceptibilidade a sofrerem deformações plásticas.

Temperaturas muito baixas aumentam a rigidez da mistura, elevando a capacidade do pavimento de suportar cargas, tornando, em contrapartida a mistura frágil, aumentando a sua propensão para uma possível formação de fendas de retração. (Picado Santos, 2008)

Materiais granulares

Os materiais granulares incluindo o solo de fundação são menos sensíveis a variações de temperatura e muito sensíveis a acção da água.

A acção da água tem como efeito imediato, a diminuição do atrito interno dos materiais granulares, o que, sob ação das cargas pode, dependendo do arranjo das partículas, levar ao colapso da estrutura.

O tráfego contribui ao longo do tempo para a consolidação das camadas do solo de fundação, por acção de desgaste da componente granular e consequentemente, para assentamentos irreversíveis. (Picado Santos, 2008)

2.1.2. Família e tipos de degradação de pavimentos flexíveis

As degradações de pavimentos flexíveis agrupam-se em famílias, que, por sua vez, contêm em si tipos de degradação, de acordo com a tabela abaixo:

Família de Degradações	Tipos de deformação		
Deformação	Abatimento	Longitudinal	Berma
			Eixo
		Transversal	
		Deformações localizadas	
		Ondulações	
Fendilhamento	Rodeias	Grande raio (camadas inferiores)	
		Pequeno raio (camadas superiores)	
	Isoladas	longitudinais	berma
			Eixo
		Transversais	
Ramificadas	Parbólicas		
	Abertas		
	Fechadas		
Degradação da camada de desaste	Degradação superficial		
	Cabeça de gato		
	Pelada		
	Ninhos (covas)		

Tabela 2- Famílias e Tipos de Degradação de Pavimentos Flexíveis (espelho da fonte: Pereira & Miranda 1999)

2.1.2.1. Deformações

As deformações nos pavimentos são defeitos que afetam as camadas de revestimento asfáltico, influenciando a dinâmica das cargas e a qualidade de rolamento. Podem ser identificados a olho nu, manifestando-se em forma de abatimento (abaixamento no trilho da roda), ondulações (depressões), rodeiras (corrugações) e deformações localizadas (deformações plásticas). (Berucci et al, 2008).

As deformações têm como causa principal, o comportamento anormal das camadas do pavimento e do solo de fundação. (Pereira & Miranda 1999)

2.1.2.1.1. Abatimento

É uma deformação com extensão significativa, podendo apresentar-se no pavimento nas direções longitudinal e transversal. Na direção longitudinal o abatimento pode tomar duas localizações, junto a berma ou ao longo do eixo da faixa de rodagem.



Figura 3- Representação de um abatimento (fonte: foto tirada no Município de Maputo)

2.1.2.1.1.1. Causas do abatimento

a) Longitudinal

♣ Ao longo da faixa de rodagem

Pode ocorrer quando existe um fendilhamento ao longo do eixo, permitindo infiltração de água até as camadas inferiores (granulares e solo de fundação), gerando uma redução da capacidade de suporte das granulares e consequente deformação.

♣ Junto a berma

Pode resultar da redução da capacidade de suporte das camadas granulares causada por infiltração da água através das bermas ou interface berma-pavimento.

b) Transversal

Resulta da ocorrência de situações patológicas ao nível das camadas inferiores, em particular do solo de fundação.

2.1.2.1.2. Ondulação

É uma deformação transversal que ocorre com frequência ao longo do pavimento. Esta ocorre na camada de desgaste.

2.1.2.1.2.1. Causas da ondulação

As ondulações são causadas por deficiência do ligante e pela deformação da fundação do pavimento.



Figura 4- Representação da patologia do tipo ondulação (fonte: foto tirada do Município de Maputo)

2.1.2.1.3. Rodeiras

São as mais comuns da família das deformações, são longitudinais e se desenvolvem na banda de passagem dos pneus dos veículos. Podem apresentar-se como rodeiras de pequeno raio e rodeiras de grande raio.



Figura 5- Representação da patologia do tipo Rodeira (fonte: foto tirada no Município de Maputo)

2.1.2.1.3.1. Causas das Rodeias

São resultado da reduzida capacidade de resistência à deformações plásticas das misturas betuminosas e de deficiência das camadas granulares.

2.1.2.2. Fendilhamento

As fendas são o defeito mais comum dos pavimentos, constituem um dos principais sinais de redução da qualidade dos pavimentos. Têm como principal causa a fadiga das camadas betuminosas devido a repetição de esforços de tração por flexão das camadas (Branco et al), podendo também ter outras causas, tais como deficiências no processo

construtivo, que são traduzidas na deficiente compactação e segregação das misturas betuminosas, elevadas temperaturas associadas a agressividade do tráfego. (Minhoto, 2005)

As fendas são comumente classificadas em **isoladas** e **ramificas**, sendo as do primeiro grupo divididas em **fendas longitudinais**, **parabólicas** e **transversais**. As do segundo grupo são classificadas em abertas, fechadas e **pele de crocodilo** de acordo com o seu afastamento das bordas.

2.1.2.2.1. Fendas parabólicas

As fendas parabólicas aparecem na zona de passagem dos pneus, com o eixo da parábola orientado no sentido longitudinal. Estas fendas podem, se não mitigadas, evoluir até a formação de pelada (deslocamento da camada betuminosa).



Figura 6- Representação de fendas parabólicas (estrada que liga ponte Alcantra)

2.1.2.2.1.1. Causas das fendas parabólicas

São em geral resultantes de problemas de estabilidade da camada de desgaste e das suas ligações às camadas betuminosas inferiores, condições severas de aplicação de cargas (elevados esforços tangenciais), ações climáticas desfavoráveis (temperaturas elevadas) e reduzida resistência da camada de desgaste. (Picados Santos, 2008)

2.1.2.2.2. Fendas Transversais



Figura 7- Representação de fendas transversais (estrada que liga ponte Alcantra)

2.1.2.2.2.1. Causa das fendas transversais

São resultantes da deficiência da junta transversal, retração térmica da camada de desgaste ou da capacidade diferencial da fundação.

2.1.2.3. Pele de crocodilo

Segundo Picados Santos (2008), a pele de crocodilo é considerada como sendo o grupo de fendilhamento com implicações mais graves para o pavimento, este resulta da evolução de fendas ramificadas que durante a sua evolução passam a formar uma malha ou grelha, com fendas mais ou menos pequenas.

A pele de crocodilo é classificada quanto a abertura da sua malha, em malha estreita e malha larga.

Malha estreita – quando o lado da sua malha for menor ou igual à 40 cm;

Malha larga – quando o lado da sua malha for maior à 40 cm.

A pele de crocodilo evolui de malha larga para malha estreita, podendo no final dar origem a buracos (covas ou ninhos), em certos casos a formação de pelada. Enquanto que as fendas evoluem de fechadas para abertas.

2.1.2.3.1. Causas da pele de crocodilo

A pele de crocodilo uma fase evoluída de outros tipos de fendilhamento. Por isso, para o surgimento da pele de crocodilo contribuem as causas já referidas para o fendilhamento em geral e também a falta de conservação do pavimento. (Picados Santos, 2008)



Figura 8- Representação da patologia tipo pele de crocodilo (foto tirada no Município de Maputo)

2.1.2.4. Desagregação da camada de desgaste

Para Picados Santos (2008), a desagregação da camada de desgaste reflete-se essencialmente na perda de qualidade superficial da camada de desgaste devido a evolução do próprio pavimento, como resultado da falta de estabilidade ou deficiência na ligação entre os materiais constituintes da mistura betuminosa, deficiências na execução da camada de desgaste, segregação dos agregados durante o transporte ou colocação, mistura betuminosa deficiente, presença de água (insuficiente secagem dos agregados), condições de temperatura desfavorável na fase de execução (temperaturas muito baixas).

Os tipos de desagregação da camada de desgaste são: **cabeça de gado, pelada (descamação), buracos (ninhos ou covas), desagregação superficial.**

2.1.2.4.1. Cabeça de gato

A cabeça de gato ocorre quando na superfície da camada de desgaste se verifica perda de componente fina da mistura betuminosa, tornando a componente grossa mais saliente. A cabeça de gato cria o aumento de ruído e desgaste nos pneus e beneficia o pavimento aumentando a sua capacidade drenante.

2.1.2.4.1.1. Causas da cabeça de gato

A cabeça de gato tem como origem o desgaste rápido da mastique (finos, filler e ligante betuminoso), que dá origem ao aumento da macro-textura da superfície.



Figura 9- Representação da patologia tipo cabeça de gato (Av. Karl Max)

2.1.2.4.2. Desagregação superficial

É uma evolução da patologia tipo cabeça de gato que leva ao desprendimento do material grosso.

2.1.2.4.2.1. Causas da desagregação superficial

A desagregação superficial tem como causa principal a perda de ligante betuminoso e consequente desprendimento do agregado grosso.



Figura 10- Representação da patologia tipo desagregação superficial (fonte: foto tirada no Município de Maputo)

2.1.2.4.3. Pelada (descamação)

Corresponde a um desprendimento de pequenas placas da camada de desgaste desligadas da camada subjacente.



Figura 11- Representação da patologia tipo pelada

2.1.2.4.3.1. Causas da pelada (descamação)

A pelada é causada pelo dimensionamento de pequenas espessuras da camada de desgaste, associada à deficiente ligação entre a camada de desgaste e as camadas subsequentes.

2.1.2.4.4. Buracos (Covas ou Ninhos)

Para Picados Santos (2008), os buracos correspondem ao ultimo estado de degradação do pavimento, reflete-se no aparecimento de buracos ao longo da estrada.

É a que mais preocupa as autoridades responsáveis pela conservação de pavimentos. Acelera a degradação do pavimento em geral por tornar o pavimento susceptível a infiltração, aumenta a agressividade do tráfego, e acelera a degradação dos veículos.



Figura 12- Representação da patologia tipo covas (Av. Julius Neyere)

2.1.2.4.4.1. Causas dos Buracos

Os buracos são na maioria das vezes resultante da evolução normal da pele de crocodilo, que conduz a desagregação dos bordos das fendas, dando origem a formação de buracos, pode também ter início numa desagregação localizada da camada de desgaste que evolui através da sua espessura.

Podem resultar da uma deficiente capacidade de suporte em uma zona localizada, defeito localizado na camada de base e da deficiente qualidade de material da camada betuminosa. (Picados Santos, 2008)

2.1.2.5. Movimento de materiais

Essa família de degradação refere-se as patologias resultantes da movimentação de materiais constituintes das camadas betuminosas ou granulares ou da fundação, através das camadas do pavimento. (Picatos Santos, 2008).

Os tipos de degradação dessa família são a **exsudação** e a **subida finos**.

2.1.2.5.1. Exsudação

Corresponde a alteração da composição da camada de desgaste, devido a migração de um excesso de ligante para a superfície, com o conseqüente envolvimento dos agregados.

2.1.2.5.1.1. Causas da exsudação

Causada por deficiências na formulação da camada de desgaste (excesso de ligante, ligante de reduzida viscosidade, excesso da fração fina dos agregados), associada à condições severas do tráfego pesado e lento) e acções climáticas desfavoráveis (temperaturas elevadas).



Figura 13- Representação da patologia do tipo exsudação (fonte: foto tirada do Município de Maputo)

2.1.2.5.2. Subida de finos

Corresponde ao transporte do material fino das camadas inferiores do pavimento e mesmo do solo de fundação.

A subida de finos ocorre em pavimentos com problemas de drenagem e fendas. Dado que os pavimentos com problemas de drenagem estão sujeitos a elevados níveis freáticos. (Picados Santos, 2008)

Em pavimentos com fendas e elevado nível freático, com a passagem dos veículos devido a compressão exercida sobre as camadas, provoca-se a expulsão da água do interior do pavimento ou solo de fundação para a superfície através das fendas. Essa água, por sua vez, transporta normalmente finos das camadas atravessadas.



Figura 14- Representação da patologia do tipo subida de finos (foto tirada no Município de Maputo)

2.2. TÉCNICAS DE CONSERVAÇÃO E REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS

2.2.1. Introdução

Em grandes cidades, a actividade de conservação/reabilitação tem tido grande importância, pois uma vez construídos, os pavimentos rodoviários, sob acção do tráfego e de factores climáticos vão degradando ao longo do tempo. Essas formas de degradação interagem entre si, influenciando na velocidade e modo da sua propagação.

As degradações, Por sua vez, provocam um aumento significativo das cargas dinâmicas, através do aumento da concentração de tensões nos bordos das fendas, entrada de água (mecânica de fratura), (Picados Santos, 2008).

Essas degradações, como referido no capítulo anterior, resultam na má circulação dos veículos, acelerando o seu desgaste e colocando em risco a vida dos utentes, nos casos mais graves.

2.2.1.1. Importância da conservação de pavimentos

Uma vez construindo um pavimento, é fundamental estabelecer um programa de acompanhamento da sua evolução, para apoiar a tomada de decisão de intervir em determinada altura de modo a repor a sua qualidade.

Estas intervenções constituem a atividade de conservação/reabilitação de pavimentos rodoviários, que é fundamental para preservar o património valioso e manter um nível de serviço que ofereça ao utente melhores condições de circulação em termos de segurança, conforto e reduzindo os custos de circulação.

Segundo Picados Santos (2008), a conservação de pavimentos visa manter a qualidade funcional e estrutural dos pavimentos ao longo da sua vida útil, procurando otimizar uma determinada função de qualidade máxima, face a determinados recursos financeiros, ou de custo mínimo, considerando determinados padrões de qualidade.

A actividade de conservação dos pavimentos compreende várias atividades além das preparatórias e complementares, a execução de uma ou várias camadas sobre o pavimento existente. A execução de cada uma dessas atividades considera-se por si uma técnica de conservação.

2.2.2. Estratégias de conservação de pavimentos

O facto de cada tipo de intervenções de conservação de pavimentos criar melhorias nas duas qualidades, funcional e estrutural, remete-nos ao conceito de estratégia de conservação. Sendo: ***Conservação periódica e conservação corrente***

2.2.2.1. Conservação periódica

Compreende a realização programada de intervenções com uma determinada periodicidade, podendo incluir uma estratégia de conservação periódica ou uma estratégia de conservação com realização de reforços periódicos. (Picado Santos, 2008)

2.2.2.1.1. Conservação preventiva

Consiste na execução de acções de conservação constituídas por camadas de reduzida espessura, com o objetivo de atenuar o efeito da progressão de degradações que estão na fase final (Ex. fendilhamento).

Estas acções de conservação incluem trabalhos como realização de camadas de desgaste de reduzida espessura para regularizar a textura (micro e macro), ou camadas

espessas para recuperar a regularidade (longitudinal e transversal). A aplicação dessas camadas tem como consequência a impermeabilização dos pavimentos. (Picado Santos, 2008)

A estratégia de conservação preventiva é considerada a melhor estratégia, tanto aos custos para a entidade responsável pela manutenção da estrada quanto aos custos para os utentes, dado que se trata de intervenções de curta duração, logo, com reduzida interferência na alteração do tempo de percurso durante a realização dos trabalhos. (Picado Santos, 2008)

Embora, para troços de estradas com um tráfego intenso, a estratégia preventiva não seja a melhor opção devido ao elevado custo acumulado para os utentes. (Picado Santos, 2008)

2.2.2.1.2. Estratégia de conservação com realização de reforços periódicos

Consiste na execução de reforços estruturais programados de intervalos regulares (normalmente de 5 em 5 anos ou de 10 em 10 anos).

É usada em troços de estrada com tráfego intenso, ou numa situação em que o uso da estratégia de conservação preventiva não traz muita economia em termos de tempo de execução devido ao elevado tráfego. (Picado Santos, 2008)

2.2.2.2. Conservação corrente

A conservação corrente compreende a selagem de fendas, reparação de covas, realização de saneamento de zonas particulares do pavimento ao nível da camada de desgaste, abrangendo todas as camadas da sua estrutura. Inclui também a realização de trabalhos de manutenção de outras componentes como manutenção de bermas (regularidade e impermeabilização), a manutenção dos sistemas de drenagem e de sinalização. (Picado Santos, 2008)

As intervenções de conservação corrente devem ser realizadas segundo determinadas condições, sob o risco de as zonas de reparação constituírem zonas de patologias prematuras e de evolução acelerada.

2.2.3. Técnicas de conservação de pavimentos

Visto que a qualidade dos pavimentos é olhada em duas grandes partes, a qualidade funcional e a qualidade estrutural, as técnicas de conservação de pavimentos são também classificadas de acordo com o domínio de qualidade que se pretende melhorar. Sendo: **conservação da qualidade funcional e conservação da qualidade estrutural.**

2.2.3.1. Conservação da qualidade funcional ou superficial

Tem por objetivo repor a qualidade das características superficiais, quer quanto a textura (condições de atrito e segurança), quer quanto a regularidade (longitudinal e transversal), impermeabilidade da camada de desgaste e redução de ruído. Portanto, este tipo de intervenção terá efeitos sobre a qualidade estrutural do pavimento.

2.2.3.1.1. Técnicas de conservação das características superficiais

Estudadas as condições do pavimento que se pretende intervir e adotada a estratégia de conservação, segue-se a escolha da técnica que melhor se adapta as condições do pavimento e a estratégia de conservação escolhida.

As técnicas de conservação dos pavimentos flexíveis, segundo Picados Santos (2008) são: **Revestimentos Betuminosos Superficiais, Microaglomerado Betuminoso à Frio, Lama Asfáltica (Slurry Seal), Microbetão Betuminoso Rugoso, Argamassa Betuminosa e Reparações Localizadas.**

a) Características e domínios de aplicação das técnicas de conservação das características superficiais de pavimentos flexíveis segundo Brosseau 1994

Características de aplicação	Técnica aplicada				
	Revestimento superficial	Micro betão a frio	Termogeneração	Betão betuminoso drenante	Microbetão betuminoso rugoso
Espessura utilizada	<1	<1.5	2 a 4	3 a 4	2 a 3
Custo relativo	1	2.5 a 3	3.5 a 4	3 a 3.5	2.5 a 3
Domínio relativo					
Auto-estradas e vias rápidas	0	0	+	++	++
Vias de tráfego elevado	+	+	+	++	++
Vias de tráfego ligeiro	++	+	0	0	+
Vias urbanas	0	++	0	++	++

Tabela 3- Características e domínios de aplicação das técnicas de conservação das características superficiais de pavimentos flexíveis segundo Brosseau 1994

b) Características das técnicas de conservação das características superficiais de pavimentos flexíveis segundo Brosseaud 1994

Características ou comportamento obtido	Técnica aplicada				
	Revestimento superficial	Micro betão a frio	Termogeneração	Betão betuminoso drenante	Microbetão betuminoso rugoso
Aderência imediata	++	+	+	+	++
Aderência após 3 anos	+	+	+	++	++
Impermeabilização	++	+	+	0	+
Ruído de circulação	0	+	++	++	++
Melhoria da regularidade longitudinal	0	0	+	++	+
Melhoria da regularidade transversal	0	0	++	++	+
Aspetto visual	0	0	++	++	++

Tabela 4- Características das técnicas de conservação das características superficiais de pavimentos flexíveis segundo Brosseaud 1994

c) Vantagens e desvantagens das técnicas de conservação das características superficiais de pavimentos flexíveis segundo Brosseaud 1994

Problemas que surgem no fabrico e execução	Técnica aplicada				
	Revestimento superficial	Micro betão a frio	Termogeneração	Betão betuminoso drenante	Microbetão betuminoso rugoso
Condições climática	0	++	0	+	+
Dificuldades de execução	++	++	+	+	+
Incomodo ao cliente	0	+	+	++	++
Risco de rejeição dos agregados	0	+	++	++	++

Tabela 5- Vantagens e desvantagens das técnicas de conservação das características superficiais de pavimentos flexíveis segundo Brosseaud 1994

2.2.3.1.2. Reparações localizadas

As reparações localizadas são consideradas como técnica de reparação das características superficiais, assim como também das características estruturais, podendo, essas reparações, ser realizadas por diversas técnicas e diversos materiais.

São usadas para resolver problemas pontuais da camada de desgaste, originando em geral uma diminuição na regularidade, diminuindo a segurança e conforto de circulação.

Essa técnica é utilizada na ausência de uma adequada estratégia de conservação. É a técnica usada pelo CMM nos trabalhos de manutenção de rotina. Tem custos muito

elevados, tanto para o utente, quanto para a entidade responsável pela conservação dos pavimentos. (Picado Santos, 2008)

2.2.3.1.2.1. Passos a considerar para a correta execução de uma reparação localizada

Para Picado Santos (2008), os Passos a considerar para a correta execução de uma reparação localizada são:

a) Preparação do suporte para a realização da reparação (formatação)

- ♣ Delimitação da zona deteriorada, que deve ser suficientemente afastada do bordo da zona deteriorada de modo a retirar todo o material deteriorado.
- ♣ Realização de corte da camada de desgaste na zona a reabilitar de modo a retirar o material deteriorado e obter um suporte firme ao qual a reparação possa aderir.
- ♣ A delimitação da zona deve ser suficientemente afastada do bordo da zona deteriorada de modo a retirar todo material deteriorado.
- ♣ Limpeza da cova originada pelo corte para não haver problemas de aderência.
- ♣ Secagem da cova uma vez que a água é um fator negativo para o sucesso da reparação.

b) Aplicação de um ligante adequado na superfície de contacto entre o suporte e a nova mistura betuminosa.

c) Enchimento da cova com a mistura betuminosa escolhida que pode ser a quente ou a frio.

d) Compactação do material betuminoso

A compactação deve ser efetuada por equipamentos de compactação adequado, com vista a evitar a ocorrência de depressões ou elevações ou até mesmo o arranque da mistura betuminosa.

e) Selagem das faces verticais das reparações

A selagem das faces é efetuada de modo a evitar a entrada da água através dos bordos. Essa selagem pode ser efetuada através de vários materiais, sendo o mais usado a “lama asfáltica” (Slurry seal).



Figura 15- Representação dos passos a considerar para a correta execução de uma reparação localizada

2.2.3.1.2.2. Principais problemas que surgem devido a uma inadequada reparação

- ♣ Reduzida aderência entre a reparação e o suporte, devido à deficiências no ligante;
- ♣ Ocorrência de depressões ou elevações à superfície do pavimento, devido a problemas de compactação e resistência ao corte.
- ♣ Arranque de material das reparações, devido a problemas de coesão da mistura usada e de compactação, problemas de drenagem superficial, e
- ♣ Reflexão das fendas e pelada (arranque de placas).



Figura 16- Representação dos principais problemas que surgem devido a uma inadequada reparação

2.2.3.2. Conservação das características estruturais

Esta técnica tem por objetivo promover uma melhoria nas características estruturais do pavimento, face a novas solicitações para um novo período de vida, com um tráfego mais elevado que o considerado na concepção do pavimento. Esta intervenção tem em conta o estado atual do pavimento e em particular o seu possível estado futuro após a intervenção. (Picado Santos, 2008)

Na conservação das características estruturais, também são corrigidas as deficiências funcionais de regularidade e as de textura são automaticamente renovadas. Assim sendo, conclui-se que as intervenções de conservação do pavimento existente comportam entre si uma reabilitação das características funcionais do pavimento. (Picado Santos, 2008)

2.3. PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DO PAVIMENTO E CRITÉRIOS DE PRIORIZAÇÃO DE INTERVENÇÕES DE CONSERVAÇÃO/REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS

2.3.1. PARÂMETROS DE ESTADO

A informação sobre o estado da superfície e da estrutura dos pavimentos constitui um requisito essencial à eficaz gestão de uma rede rodoviária. A avaliação da segurança e conforto de circulação, assim como da capacidade de carga, conjuntamente com ajuda de apropriados modelos de desempenho e de análise económica, constituem elementos necessários ao desenvolvimento de estratégias de conservação assim como a definição de prioridades de intervenções de conservação/reabilitação de pavimentos.

Essa informação é definida através de parâmetros que caracterizam objetivamente o estado do pavimento. Estes parâmetros são designados parâmetros de estado. (Picados Santos, 2008)

2.3.1.1. Caracterização da condição do pavimento pelo método de PCI

Pavemente condition index (PCI) ou índice da condição do pavimento (ICP), segundo Sebastião (2021), citando ZERBINI, que cita SHAHIN (1994) e BALBO (1997), é um método de avaliação de pavimentos originário de um estudo desenvolvido pelo CERL “Construction Engineering Research Laboratory”. Seu objetivo principal é obter um índice numérico qualificador da condição do pavimento, com base nos defeitos observados na superfície do pavimento, o que também indica a integridade estrutural e a condição operacional da superfície (Rugosidade e Segurança).

A classificação numérica da condição de um pavimento varia de 0 à 100, com 0 sendo a pior condição possível.

A classificação numérica é relacionada a uma descrição verbal em função do PCI. Adicionalmente, este índice permite determinar qual ação de manutenção e reabilitação é mais adequada, bem como estabelecer prioridades por meio de comparações dos estados de diferentes trechos de pavimentos. (YSHIBA, 2003, APUD, SEBASTIÃO, 2021)

$$PCI = \frac{100}{1 + e^{(3.95 - 1.82PCI)}}$$

PCI	Condição
100 à 86	Excelente
85 à 71	Muito bom
70 à 56	Bom
55 à 41	Regular
40 à 26	Mau
25 à 11	Muito mau
10 à 0	Péssimo

Tabela 6- Avaliação da condição do pavimento pelo PCI (fonte: ASTM)

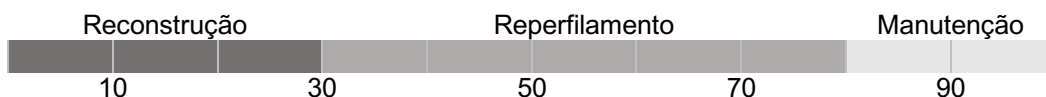


Tabela 7- Tipo de intervenção de acordo com o PCI (fonte: melhorado do ASPHALT INSTITUTE (1981))

2.3.1.2. Caracterização da condição do pavimento pelo método de PSI

O PSI (Pavement Serviceability Index) (IAS- Índice de Aptidão de Serviço), constitui uma estimativa da qualidade de serviço, este inclui para além das características de irregularidade longitudinal, outras características relativas ao estado do pavimento (fendilhamento, rodeiras e reparações). É definido pela equação:

$$PSI = 5.03 - 1.91 \log(1 + \overline{SV}) - 1.38 \overline{RD}^2 - 0.01 \sqrt{C + P}$$

Em que:

- ♣ \overline{SV} - média da variância da inclinação
- ♣ \overline{RD} - profundidade média das rodeiras
- ♣ $\sqrt{C + P}$ - área de fendilhamento e de reparações

A servicibilidade de um pavimento está definida como sendo a capacidade que um pavimento tem de servir ao tráfego (automóveis e camiões) que utiliza a estrada. (Picados Santos, 2008)

As primeiras medições AASHO Road Test indicaram que o Índice da Serviciabilidade Presente (PSI) abrangia um intervalo de 0 (impossível em estradas) a 5 (estrada ideal), refletindo valores da capacidade ou estado do pavimento no momento de sua medição.

PSI	Classificação verbal	Descrição
5	Muito bom	Somente pavimentos novos (ou quase novos), são provavelmente suaves o bastante e suficientemente livres de fissuras
4	Bom	Não apresentam sinal visível de deterioração da superfície, no caso de pavimentos flexíveis podem começar a apresentar evidências de afundamento na trilha da roda e finas fissuras aleatórias
3	Regular	A qualidade de rolamento é notavelmente inferior a de pavimentos novos e raramente aceitáveis para tráfego de alta velocidade. Defeitos como afundamento de trilha da roda, fissuras do tipo pele de crocodilo, remendos mais ou menos extensos.
2	Mau	Pavimentos que estão deteriorados por muito tempo, que precisam de recilagem
1	Muito mau	Pavimentos deteriorados que precisam de reconstrução total

Tabela 8- Classificação de PSI (HPMS, 1984, MOK SMISH, 1997, APUD, SEBASTIÃO, 2021)

Segundo DNIT (2011), há um valor de aceitabilidade das condições de rolamento do pavimento, abaixo do qual, o nível de conforto passa a ser inaceitável. Na prática, sempre que o valor de serviciabilidade atingir esse patamar (PSI=1.5), uma intervenção corretiva deve ser realizada. No período em que o valor de PSI estiver acima desse patamar, devem ser realizadas intervenções periódicas preventivas.

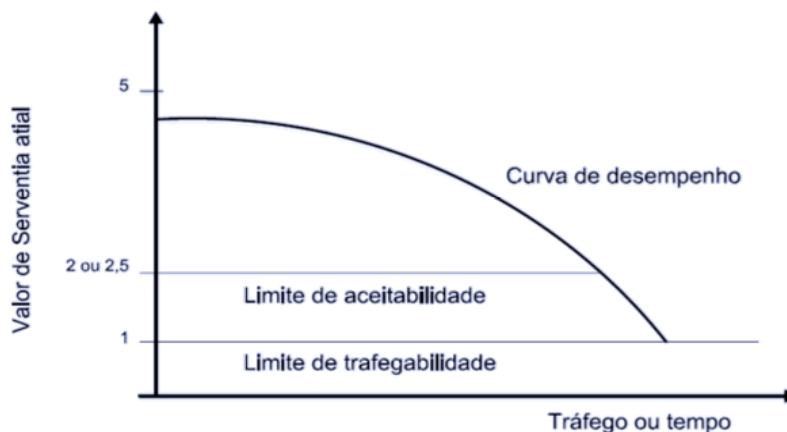


Figura 17- Interrelação entre o PSI e a Vida útil (fonte: DNIT)

2.3.2. CRITÉRIOS DE PRIORIZAÇÃO DE INTERVENÇÕES DE CONSERVAÇÃO OU REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS

Na gestão de pavimentos, uma das questões de extrema importância é a priorização na intervenção de conservação/reabilitação. A nível do Município de Maputo, muitas vezes, as estradas que beneficiam de intervenções de conservação/reabilitação, muitas das vezes, parece que a sua selecção não obedece a um critério claro. O que cria um uso inadequado dos recursos disponíveis destinados à manutenção de estradas.

Segundo Fernando Jr e Pantigoso (1997), métodos de priorização em gestão de pavimentos são estudos que têm por objetivo final, ordenar os projetos em escala de relevância, garantindo que as previsões orçamentais do planeamento anual sejam suficientes.

As prioridades podem ser definidas a partir de índices subjetivos (importância política, impactos ambientais, custo-benefício) e índices objetivos (a condição do pavimento e alguns fatores de estrada).

Travakoli et al (1992), determina o índice de prioridade (IP) em função da índice da condição do pavimento (PCI), fator de tráfego (TF), classe da via (FC), tipo e volume tráfego (TR) e tipo de manutenção (MF). A equação é:

$$IP = \frac{1}{PCI} * TF * FC * TR * MF$$

a) Fator de tráfego

TMDA	TF
0 à 99	10
100 à 499	20
500 à 999	30
1000 à 1999	40
2000 à 4999	50
>5000	100

Tabela 9- Fator de tráfego (fonte: Tavakoli (1992))

b) Fator de classe

Tipo de via	FC
Vias locais	1.0
Vias coletoras	1.1
Vias arteriais	1.2

Tabela 10- Fator de classe (fonte: Tavakoli (1992))

c) Tipo de tráfego

Segundo Tavakoli (1992), para trechos que servem de itinerários para transportes pesados ou onde existam instalações que atraem elevado tráfego (escolas, hospitais, centros comerciais, etc.), o tipo de tráfego é igual à 1.1. e para casos diferentes dos acima referidos o tipo de tráfego é 1.0.

d) Fator de manutenção

Segundo Tavakoli (1992), o fator de manutenção depende de um índice de manutenção que varia de 0 à 5, e depende da estratégia de conservação/reabilitação adotada, estratégia esta que depende do PCI.

$$MF = \frac{1 + \text{índice de manutenção}}{10}$$

Estratégia	Índice de manutenção
1 A	0
A	1
B	2
C	3
D	4
E	5

Tabela 11- Índice de manutenção (fonte:Tavakoli (1992))

♣ **Estratégias de conservação**

Estratégia	Índice de manutenção
1 A	Não fazer algo
A	Manutenção de rotina
B	Manutenção preventiva
C	Ação emergencial
D	Reabilitação
E	Reconstrução

Tabela 12- Estratégias de manutenção (fonte: Tavakoli (1992))

♣ **Estratégia recomendadas em função do PCI**

PCI	Considerações	Opção
100 à 96	Nenhum defeito	1 A
95 à 76	Nada	A
75 à 61	Valor normal/pequenos defeitos superficiais	A
	Predominância de defeitos superficiais	B
60 à 51	Predominância de defeitos superficiais	B
	Defeitos uniformemente distribuídos	C
	Predominância de defeitos estruturais ou muito irregulares (PSI<2)	D
50 à 41	Relativamente suave (PSI>2.5)	C
	Irregular (PSI<2.5)	D
40 à 26	Suave a regular (PSI>2.0)	D
	Muito irregular (PSI<2.0)	E
25 à 0	Nada	E

Tabela 13- Estratégias recomendada em função do PCI (fonte:Tavakoli (1992))

3. APRESENTAÇÃO DO SISTEMA DIGITAL DE OBSERVAÇÃO DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

Através do uso do software QGIS e do aplicativo Qfield, criou-se um sistema que possibilita a equipe técnica a fazer um levantamento através de observação direta associada a observação através de equipamentos fotográficos.

O levantamento com recurso ao sistema necessita de dois operadores, um responsável pela leitura de dados e o outro responsável pelo registo dos dados em um aplicativo (Qfield) instalado no seu telemóvel e registo de algumas fotografias do troço de levantamento.

3.1. DISCRICÃO DO QGIS E DO QFIELD



Figura 18- Representação do QGIS e Qfield

QGIS é um software livre, multiplataforma de sistema de informação geográfica (SIG) que permite a visualização, monitoria, edição, processamento e gestão de dados georreferenciados.

O QGIS permite ao usuário editar, manipular informações espaciais, criar mapas com várias camadas (permite sobrepor camadas diferentes), usando diferentes projeções cartográficas. Estes mapas podem ter várias finalidades como análises urbanas, ambientais, demográficas e outros. (Pejovic et al., 2014)

É um software compatível com quase todos os sistemas operativos (Windows, Mac, Android e Linux) (QGIS, 2014).

A informação espacial é tida em diversos formatos, dentre eles, o mais comum que é em formato de shapfile, podendo, os demais formatos, ser obtidos por meio de Plug-ins que o QGIS dispõe (Almeida, 2011).

O dados espaciais no QGIS têm dois modelos de apresentação, as camadas vectoriais e camadas raster.

Os dados ou camadas vectorias são uma representação geométrica, através de pontos, linhas e polígonos. Onde os pontos são usados para representar objetos como buracos,

as linhas estações de tratamento (objetos cuja área ocupada tem importância na sua análise).

Os dados ou camadas *raster* são uma apresentação em forma de células ou pixels. Esta representação apesar de ocupar maior espaço e exigir muito do computador em termos de potência, mostra maior facilidade no cálculo e análise da informação espacial.

Qfield é um aplicativo construído a sombra do QGIS, possibilitando aos usuários do QGIS, configurar suas estações de trabalho e implementação no campo. O *Qfield* é um aplicativo disponível no *playstore* para sistema operativo *Android*.

Com recurso ao *Qfield* o usuário pode configurar seu trabalho no *QGIS*, exportar o trabalho para o *Qfield* em um dispositivo *Android*, fazer a manipulação de dados em campo e importar os dados manipulados para o *QGIS*.

3.1.1. Exigências do QGIS e do QField

a) QGIS

De modo a processar os dados com eficiência, é recomendável que o computador a ser instalado o QGIS tenha as seguinte especificações:

- ♣ *RAM* (≥ 16 GB)
- ♣ *CPU speed* (≥ 2.2 GHZ)
- ♣ *Processador* (64 – bit)
- ♣ *Memória de armazenamento* (≥ 2 GB disponíveis só para o sistema)
- ♣ *Graphics card*

b) Qfield

De modo a processar os dados com eficiência, é recomendável que o dispositivo *Android* a ser instalado no aplicativo *QGIS* tenha as seguinte especificações:

- ♣ *Versão android* (≥ 9)

3.2. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO DIGITAL

O sistema consiste na utilização de um aplicativo livre instalado em celular com o sistema *Android* funcionando com *GPS* do telemóvel ligado. No qual são preenchidos campos por dados como:

- ♣ Ponto – indicação do ponto (troço ou secção) da estrada em que estiver a se fazer o levantamento;
- ♣ Referência – uma referência descrita por palavra que da indicação da localização exata do ponto referido no campo acima, criando facilidade de localização do troço no dia da eventual intervenção e/ou visita de monitoria;
- ♣ Escala – representadas por letras (A, B, C, D e E), que indicam as divisões entre as secções de estudo.

Escala A: distância de 10 em 10m

Escala B: distância de 20 em 20m

Escala C: distância de 40 em 40m

Escala D: distância de 50 em 50m

Escala E: distância de 100 em 100m

- ♣ Buracos – neste campo é indicado o número de buracos observados no ponto ou secção de estudo, referentes a escala adotada;
- ♣ Length – neste campo é indicado a largura total acumulada dos buracos observada na secção de estudo. A largura é medida através de um instrumento de medição (pedómetro) na direcção transversal à estrada;
- ♣ Comp – neste campo é indicado a comprimento total acumulado dos buracos observada na secção de estudo. A comprimento é medido através de um instrumento de medição (pedómetro) na direcção longitudinal à estrada;
- ♣ Prof – neste campo é indicado a profundidade total acumulada dos buracos observados na secção de estudo. A profundidade pode ser medida através de um instrumento de medição ou de forma simplificada, multiplicado o numero de buracos pela espessura media do camada asfáltica do pavimento;
- ♣ Foto – este campo e preenchido por uma foto indicando a condição atual (buracos e outras formas de degradação) da estrada na secção de estudo;
- ♣ Data – este campo é de preenchimento automático, não editável, que corresponde a data do levantamento e/ou conservação/manutenção.

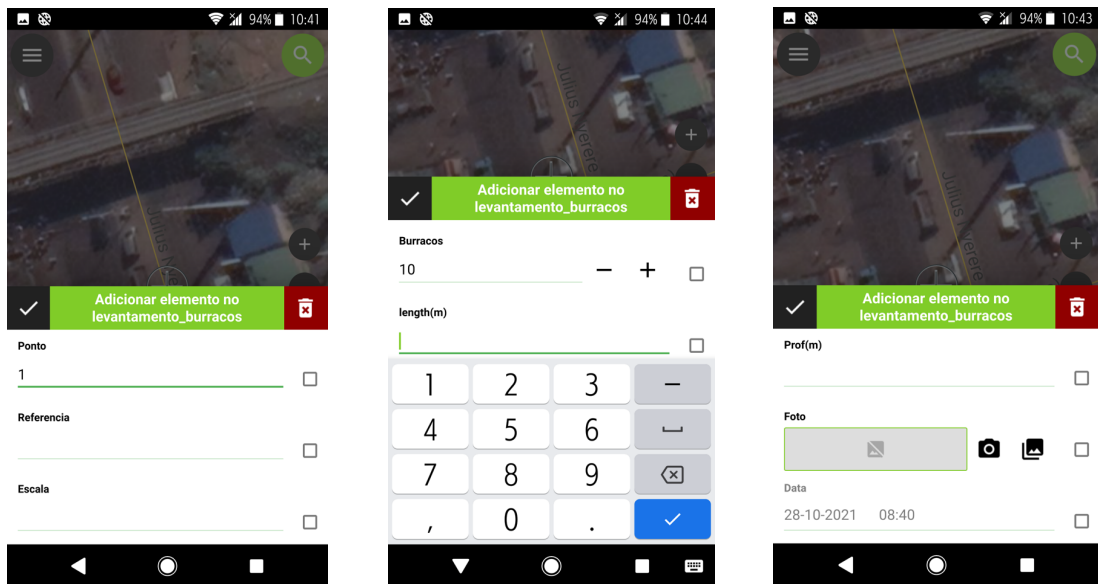


Figura 19- Representação das características do Sistema de informação digital (interface do aplicativo Qfield)

3.3. FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO DIGITAL

O dados de levantamento (ponto, referência, buracos, largura, comprimento, profundidade, foto e data) podem ser visualizados no escritório em um computador com o software QGIS instalado ou através do Microsoft Excel, não podendo neste ultimo caso visualizar a localização, fotografia e a condição atual da estrada.

Com o uso do sistema, torna se possível criar uma base de dados com informação que serve de auxilio para a tomada de decisão de intervir ou não, num determinado troço de estrada.

Os ficheiros do aplicativo Qfield são descarregados no computador e depois importados para o software QGIS através do Plugin Qfieldsync instalado no Qfield. Seguindo os seguintes passos:

1. Abrir o software QGIS;
2. Abrir um projeto recente/iniciar um novo projeto;
3. Ir para o Plugins (Modulos) → *QfieldSync* → *Synchronize from Qfield* → *Selecionar a pasta descarregada no computador* → *synchronise* → *OK*.

Observação de Pavimentos Rodoviários com Recurso a um Sistema de Informação Digital

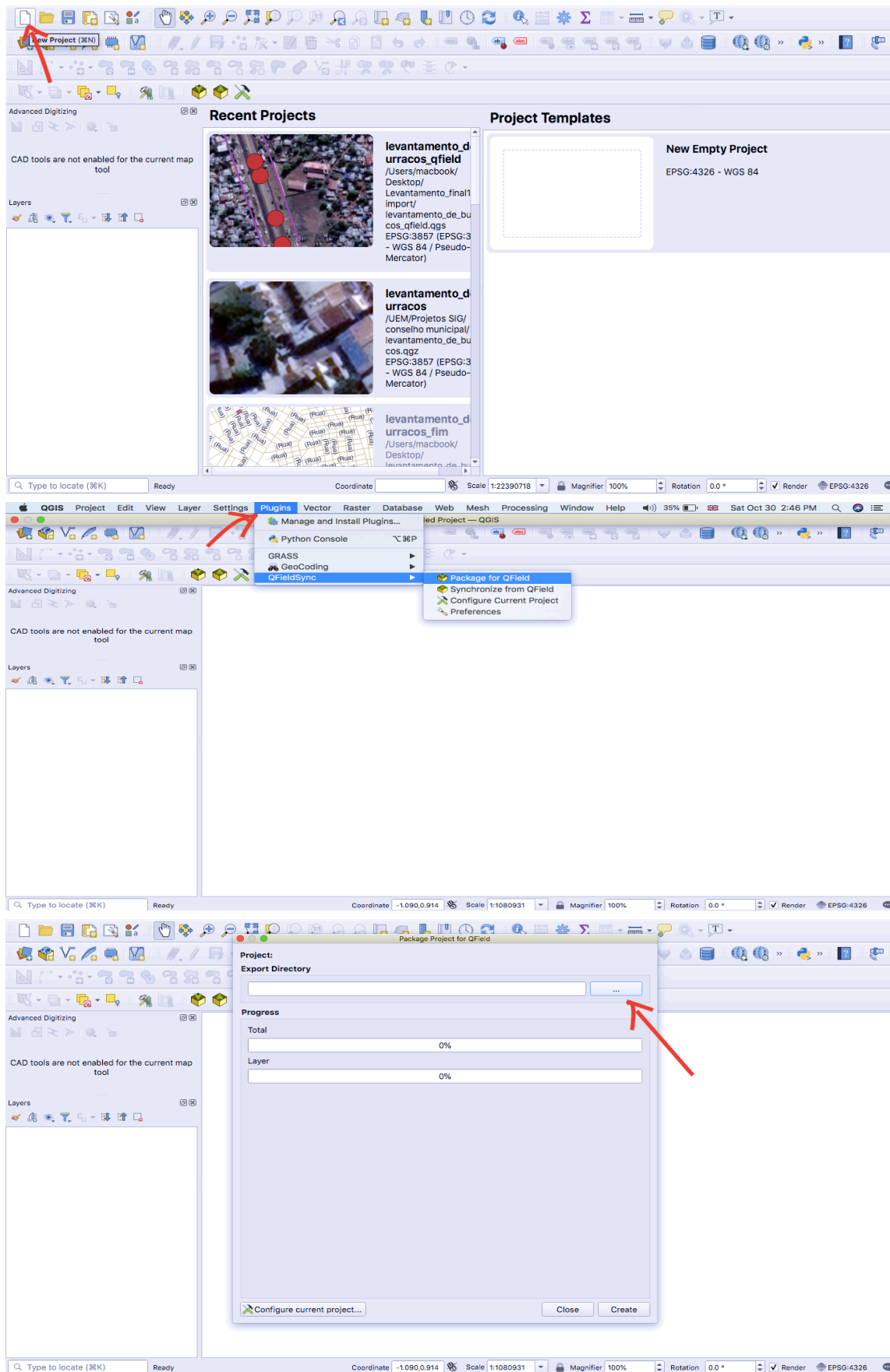


Figura 20- Importação dos dados colhidos no campo para o software QGIS

3.4. VISUALIZAÇÃO DOS DADOS COLHIDOS NO QGIS E NO EXCEL

a) No QGIS

Depois de sincronizar do QField para o QGIS, os pontos marcados aparecerão na interface do software QGIS. Para a visualização dos dados de cada pontos, seguem-se os passos abaixo:

1. Visualização da tabela de atributos → Marcar o layer → clicar no botão opções do mouse → Abrir a tabela de atributos → Escolher o modo de visualização → Visualizar a tabela.

Ponto	Referencia	Escala	Buracos	length(m)	Comp(m)	Prof(m)	Foto	Data
1	10m da ponte	A	9	4.50	5.00	0.9	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...
2	10m do ponto 1	A	8	4.90	5.00	0.8	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...
3	20m do ponto 2	B	14	18.10	5.50	1.40	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...
4	10m do ponto 3	A	7	23.20	10.00	0.7	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...
5	20m do ponto 4	B	10	15.10	18.30	1.00	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...
6	40m do ponto 5	C	8	18.20	13.40	0.8	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...
7	10m do ponto 6	A	9	9.20	13.10	0.9	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...
8	40m do ponto 7	C	11	18.30	15.80	1.10	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...
9	20m do ponto 9	B	15	9.60	8.70	1.50	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...
10	20m do ponto 10	B	18	15.40	20.10	1.80	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...
11	10m do ponto 11	A	8	7.60	7.20	0.8	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...
12	10m do ponto 12	A	13	15.90	13.50	1.30	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...
13	20m do ponto 13	B	7	11.20	10.20	0.7	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...

Figura 21- Visualização da tabela de atributos

2. Visualização de imagens → Mudar o modo de visualização para “view form”
→ selecionar o ponto a ser visualizado.

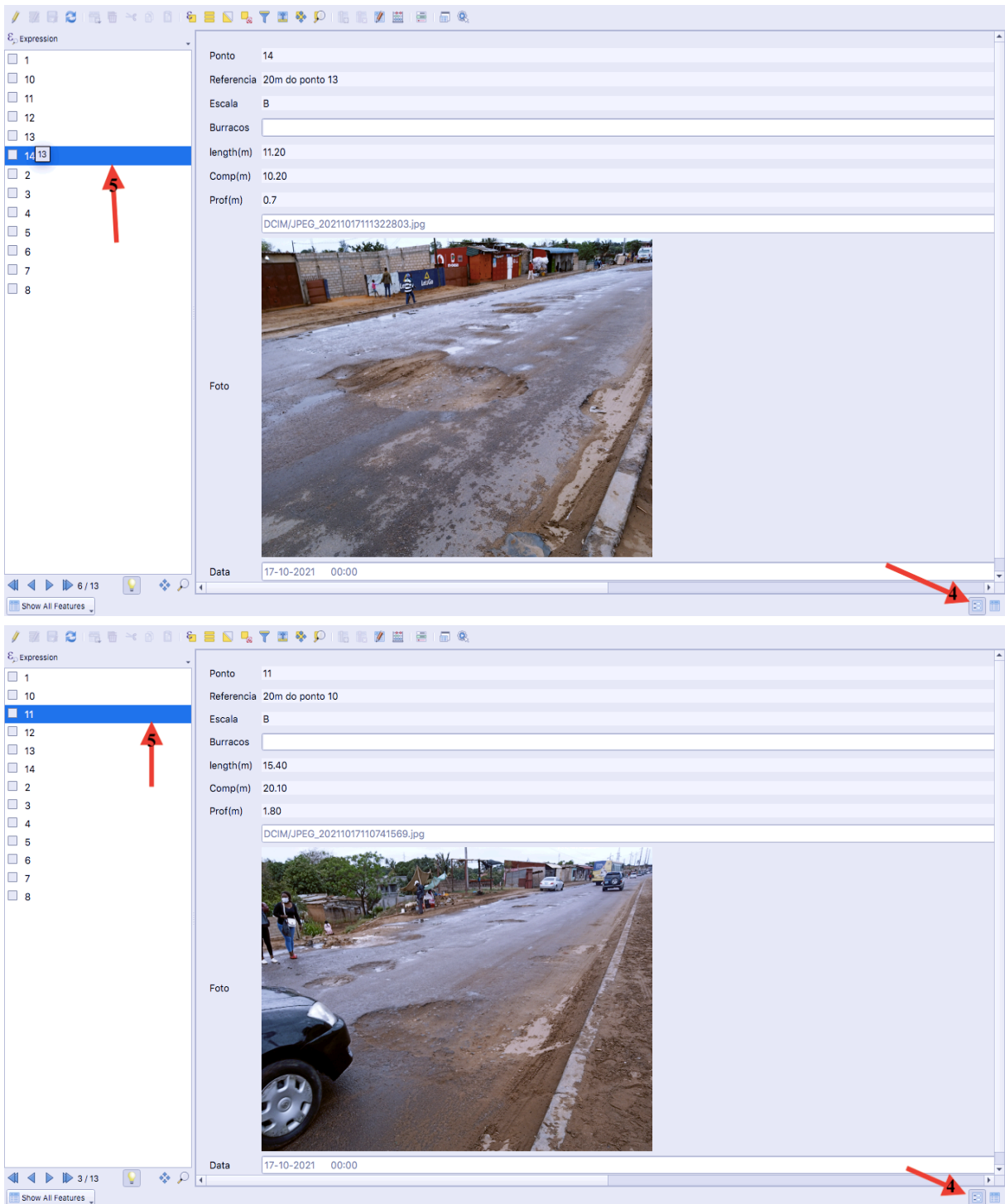


Figura 22- Visualização de imagens

b) No Excel

1. Visualização da tabela de arquivos no Excel → *Localizar a pasta como arquivos*
→ *Alterar as definições, permitido que o Excel mostre ficheiros em Dbase file (dbf)* →
Especificar o ficheiros com os dados de interesse → *Abrir* → *processar os dados.*

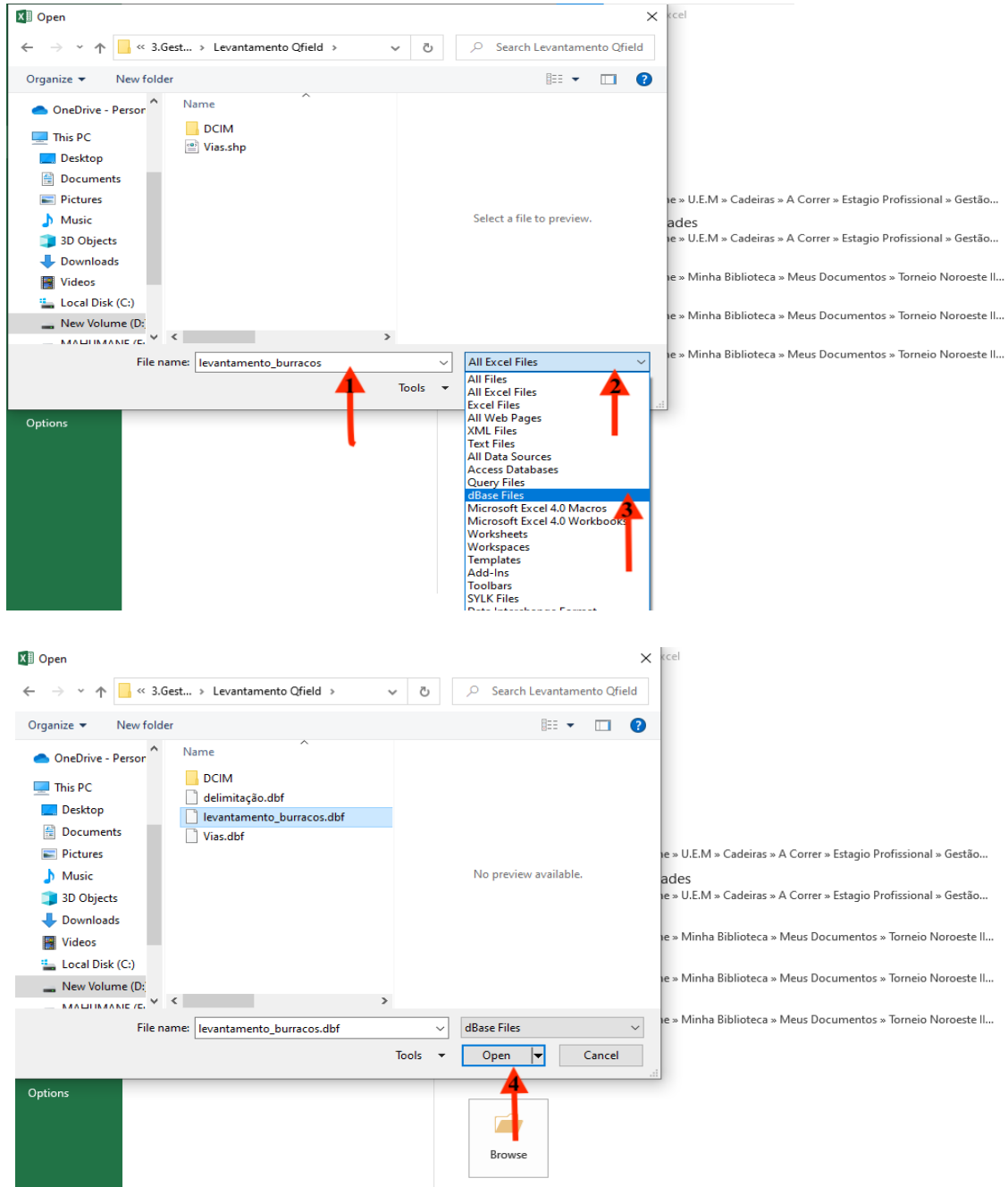


Figura 23- Processo de visualização do tabela de atributos no Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Ponto	Referencia	Escala	Buracos	length(m)	Comp(m)	Prof(m)	vol (m3)	Foto	Data			
2	1	10m da ponte	A	9	4.50	5.00	0.90	20.25	DCIM/JPEG_20211017104735809.jpg	10/17/21			
3	2	10m do ponto 1	A	8	4.90	5.00	0.80	19.60	DCIM/JPEG_20211017104927685.jpg	10/17/21			
4	3	20m do ponto 2	B	14	18.10	5.50	1.40	139.37	DCIM/JPEG_20211017105156865.jpg	10/17/21			
5	4	10m do ponto 3	A	7	23.20	10.00	0.70	162.40	DCIM/JPEG_20211017105356824.jpg	10/17/21			
6	5	20m do ponto 4	B	10	15.10	18.30	1.00	276.33	DCIM/JPEG_20211017105631883.jpg	10/17/21			
7	6	40m do ponto 5	C	8	18.20	13.40	0.80	195.10	DCIM/JPEG_20211017105920643.jpg	10/17/21			
8	7	10m do ponto 6	A	9	9.20	13.10	0.90	108.47	DCIM/JPEG_20211017110116402.jpg	10/17/21			
9	8	40m do ponto 7	C	11	18.30	15.80	1.10	318.05	DCIM/JPEG_20211017110345453.jpg	10/17/21			
10	10	20m do ponto 9	B	15	9.60	8.70	1.50	125.28	DCIM/JPEG_20211017110525314.jpg	10/17/21			
11	11	20m do ponto 10	B	18	15.40	20.10	1.80	557.17	DCIM/JPEG_20211017110741569.jpg	10/17/21			
12	12	10m do ponto 11	A	8	7.60	7.20	0.80	43.78	DCIM/JPEG_20211017110935984.jpg	10/17/21			
13	13	10m do ponto 12	A	13	15.90	13.50	1.30	279.05	DCIM/JPEG_2021101711112553.jpg	10/17/21			
14	14	20m do ponto 13	B	7	11.20	10.20	0.70	79.97	DCIM/JPEG_20211017111322803.jpg	10/17/21			

Figura 24- Tabela de atributos formatada no Excel

3.5. VISUALIZAÇÃO DE FICHEIROS EM FORMATO XLSX (FICHEIROS DO EXCEL) NO QGIS

Ficheiros em formato xlsx (formato do Excel) podem ser visualizados no QGIS, assim sendo depois da coleta de dados, esses podem ser facilmente manipulados e depois visualizados no QGIS.

1. Introduzir um novo ficheiro → Open data source manager → inserir o ficheiro xlsx (o ficheiro xlsx aparecerá como uma nova camada no QGIS);

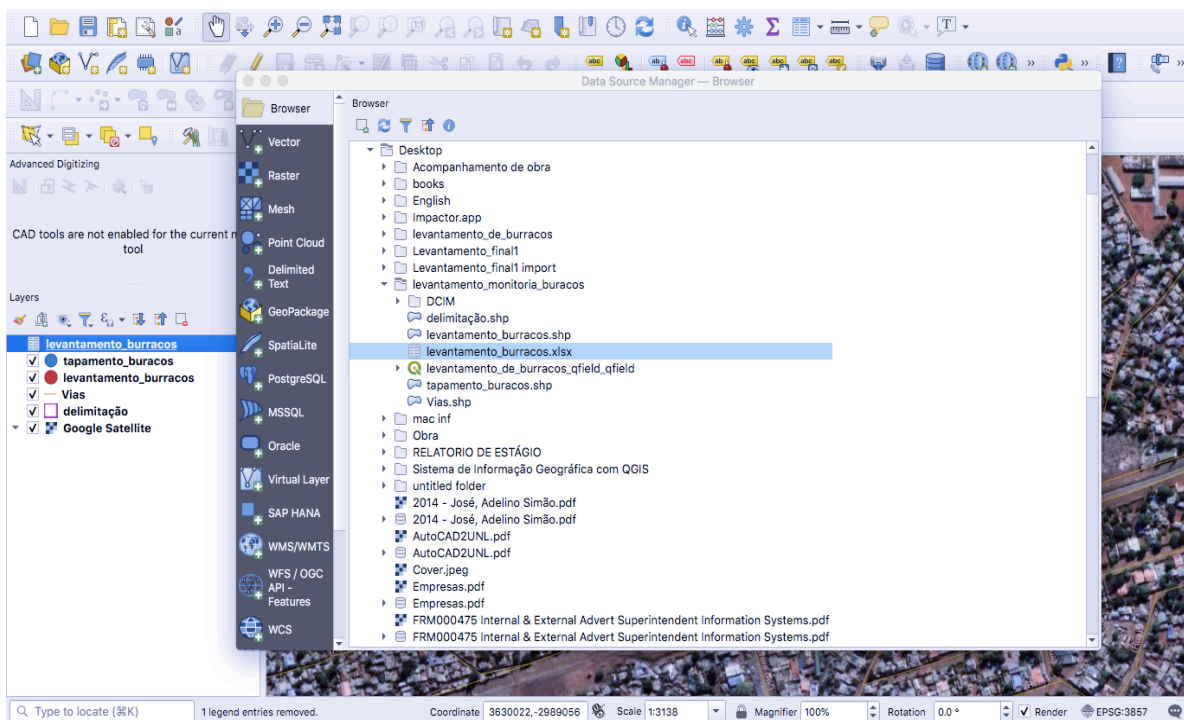


Figura 25- Introdução do ficheiro em xlsx

2. Visualização da tabela de arquivos em formato xlsx

Ponto	Referencia	Escala	Burracos	length(m)	Comp(m)	Prof(m)	vol (m3)	Foto	Data	
1	10m da ponte	A	9	4.5	5	0.9	20.25	DCIM/JPEG_...	2021-10-17	
2	10m do ponto 1	A	8	4.9	5	0.8	19.6	DCIM/JPEG_...	2021-10-17	
3	20m do pont...	B	14	18.1	5.5	1.4	139.37	DCIM/JPEG_...	2021-10-17	
4	10m do pont...	A	7	23.2	10	0.7	162.3999999...	DCIM/JPEG_...	2021-10-17	
5	20m do pont...	B	10	15.1	18.3	1	276.33	DCIM/JPEG_...	2021-10-17	
6	40m do pont...	C	8	18.2	13.4	0.8	195.104	DCIM/JPEG_...	2021-10-17	
7	10m do pont...	A	9	9.2	13.1	0.9	108.4679999...	DCIM/JPEG_...	2021-10-17	
8	40m do pont...	C	11	18.3	15.8	1.1	318.0540000...	DCIM/JPEG_...	2021-10-17	
9	10	20m do pont...	B	15	9.6	8.7	1.5	125.28	DCIM/JPEG_...	2021-10-17
10	11	20m do pont...	B	18	15.4	20.1	1.8	557.172	DCIM/JPEG_...	2021-10-17
11	12	10m do pont...	A	8	7.6	7.2	0.8	43.776	DCIM/JPEG_...	2021-10-17
12	13	10m do pont...	A	13	15.9	13.5	1.3	279.045	DCIM/JPEG_...	2021-10-17
13	14	20m do pont...	B	7	11.2	10.2	0.7	79.9679999...	DCIM/JPEG_...	2021-10-17

Figura 26- Visualização da tabela de atributos do ficheiro em formato xlsx

3.6. CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO DIGITAL

O processo de concepção do sistema digital de observação de pavimentos, foi organizado de forma detalhada e explícita nos anexos.

3.7. OBSERVAÇÃO DOS PAVIMENTOS JÁ INTERVENCIONADOS

Muitas vezes, alguns troços de estradas beneficiam de varias intervenções, enquanto que outros beneficiam de nenhuma (ou poucas) intervenções. Vários motivos podem ser indicados como causa disso suceder-se, dentre eles têm-se:

- ♣ Aplicação de um método de conservação/reabilitação que não vai de encontro com as características dos materiais, clima, etc., adequados para o pavimento;
- ♣ O pavimento pode ter consumido toda sua vida útil;
- ♣ Falta de uma base de dados de registo dos troços intervencionados; etc.

O termo observação aqui descrito, refere-se ao acompanhamento da performance de um pavimento após este ter beneficiado-se de uma intervenção de reparação e ou reabilitação das suas características (Funcional e estrutural), com vista a avaliar a eficiência do tipo de mistura (técnica de conservação) que terá sido usado na intervenção.

Com a observação dos pavimentos já intervencionados poderá criar-se uma base de dados ao nível do Município de Maputo, de vantagens e desvantagens das demais misturas que poderão ser usadas nos trabalhos de manutenção de pavimentos. Essa base de dados teria uma vantagem, pois, consideraria agentes climáticos da própria região, além de fatores como sistema de drenagem, nível de limpeza ou de conservação da estrada. Podendo futuramente ser uma variável muito importante na adoção de uma estratégia de conservação/reabilitação de pavimentos rodoviários do Município de Maputo e ainda como um critério para a avaliação estratégica.

4. ESTUDO DO CASO

4.1. LEVANTAMENTO DE PATOLOGIAS (BURACOS)

Assim como descrito no capítulo anterior, o sistema de informação digital foi concebido para o levantamento de patologias tipo buracos (ninhos), mesmo sabendo-se que os buracos correspondem ao último estágio de degradação, segundo Picados Santos (2008).

Limitou-se somente ao levantamento de buracos devido ao elevado número de buracos na rede de estradas do Município de Maputo que anula toda a possibilidade de pensar-se em outros tipos de patologias, e também ao facto do Conselho Municipal não dispor de uma estratégia preventiva, limitando-se os trabalhos de manutenção de rotina, em grande parte, ao tapamento de buracos, que para Picado Santos (2008), é uma estratégia correctiva.

As figuras a seguir representam o levantamento de buracos ao longo do troço da (praça do combatentes até a praça da juventude) da avenida Julius Nheyrere.

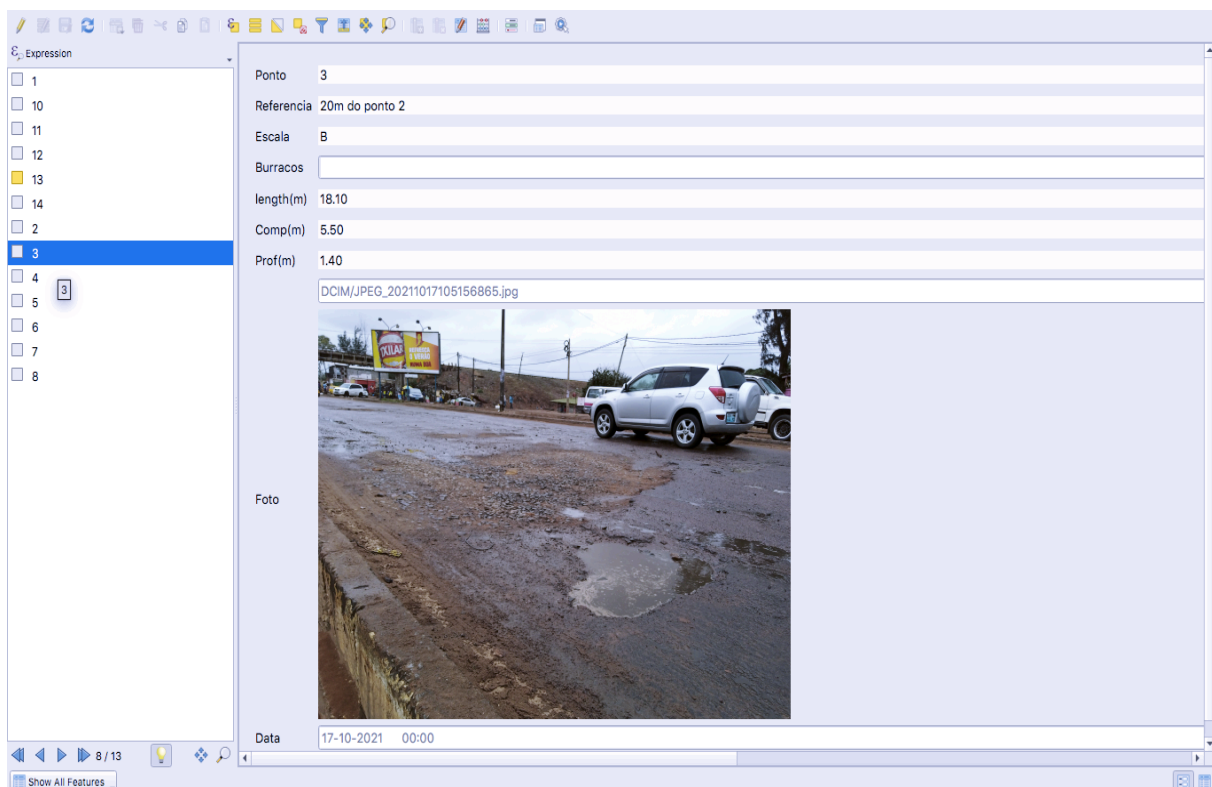


Figura 27- Levantamento de buracos (Av. Julius Nheyrere)

Observação de Pavimentos Rodoviários com Recurso a um Sistema de Informação Digital

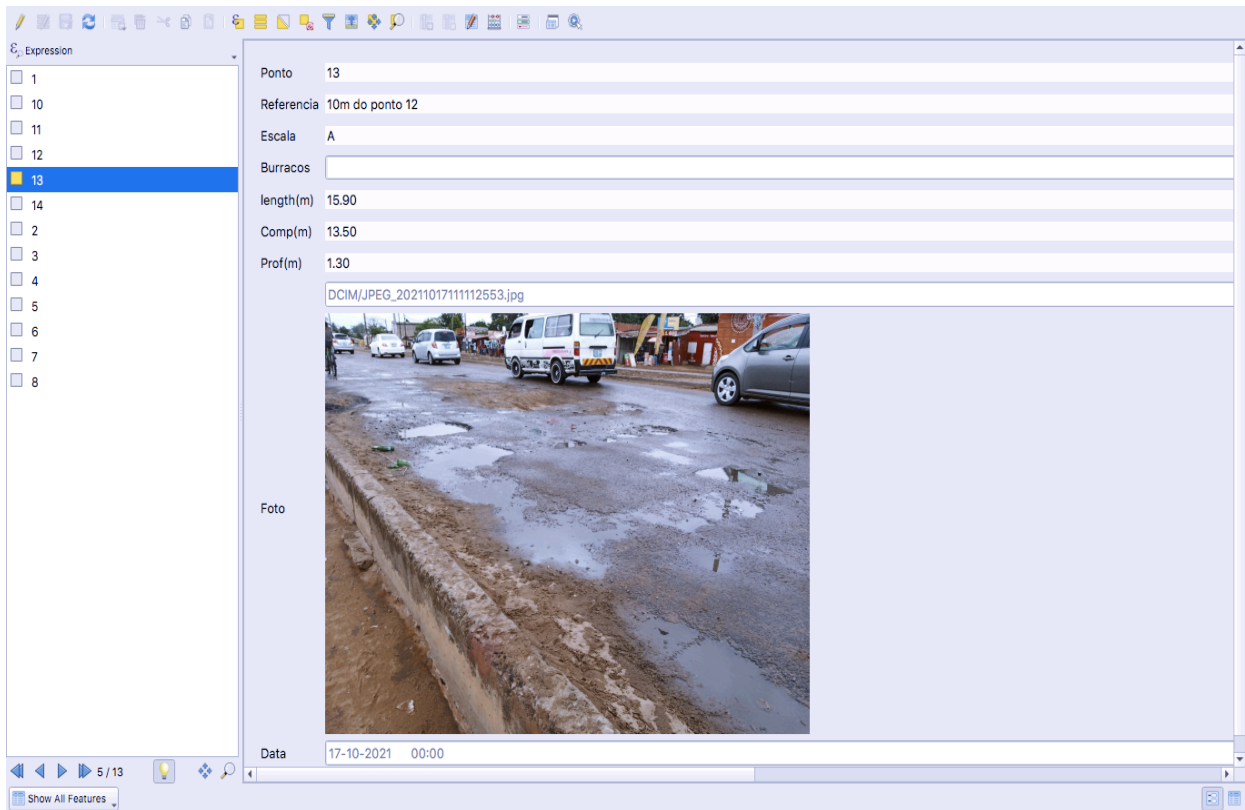


Figura 28- Levantamento de buracos (Av. Julius Nheyrere)

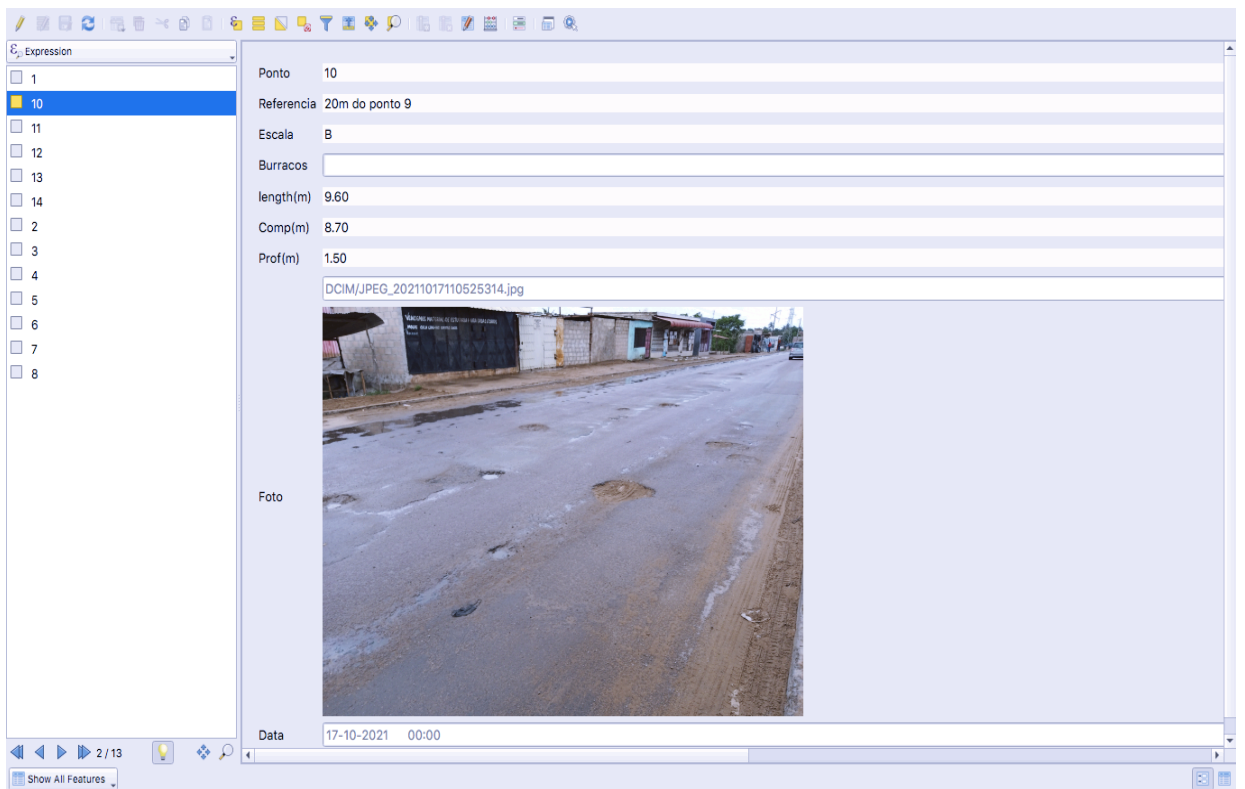


Figura 29- Levantamento de buracos (Av. Julius Nheyrere)

4.2. OBSERVAÇÃO DOS PAVIMENTOS JÁ INTERVENCIONADAS

Fizeram-se visitas de levantamento da condição atual de alguns troços de estradas que beneficiaram de intervenções de reabilitação, alguns até de reconstrução do pavimento no período de 2014 à 2015 com o objetivo de avaliar a sua condição atual.

Alguns troços encontram-se em boas condições, enquanto que outros troços encontram-se em péssimas condições, precisando, alguma delas de uma reconstrução.

Vários fatores podem ser indicados como sendo a razão dessa diferença (alguns troços encontram-se em boas condições e outros em péssimas condições). Desde a existência ou não de um sistema de drenagem, agressividade do tráfego, condições de limpeza, etc. Fatores estes, que estão muita das vezes relacionados ao local onde se encontra a estrada.

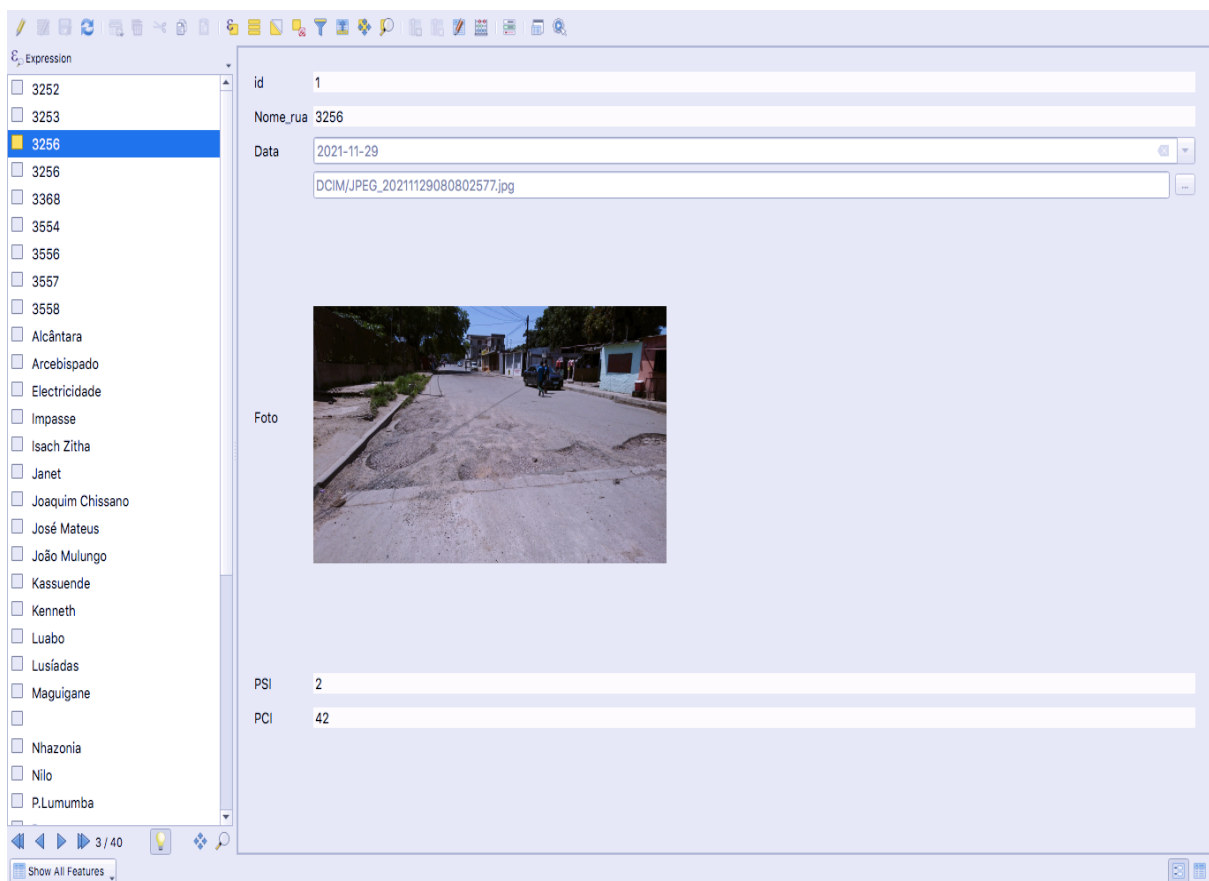


Figura 30- Avaliação da condição do pavimento em uma das visitas de monitoria (Interface da QGIS)

Observação de Pavimentos Rodoviários com Recurso a um Sistema de Informação Digital

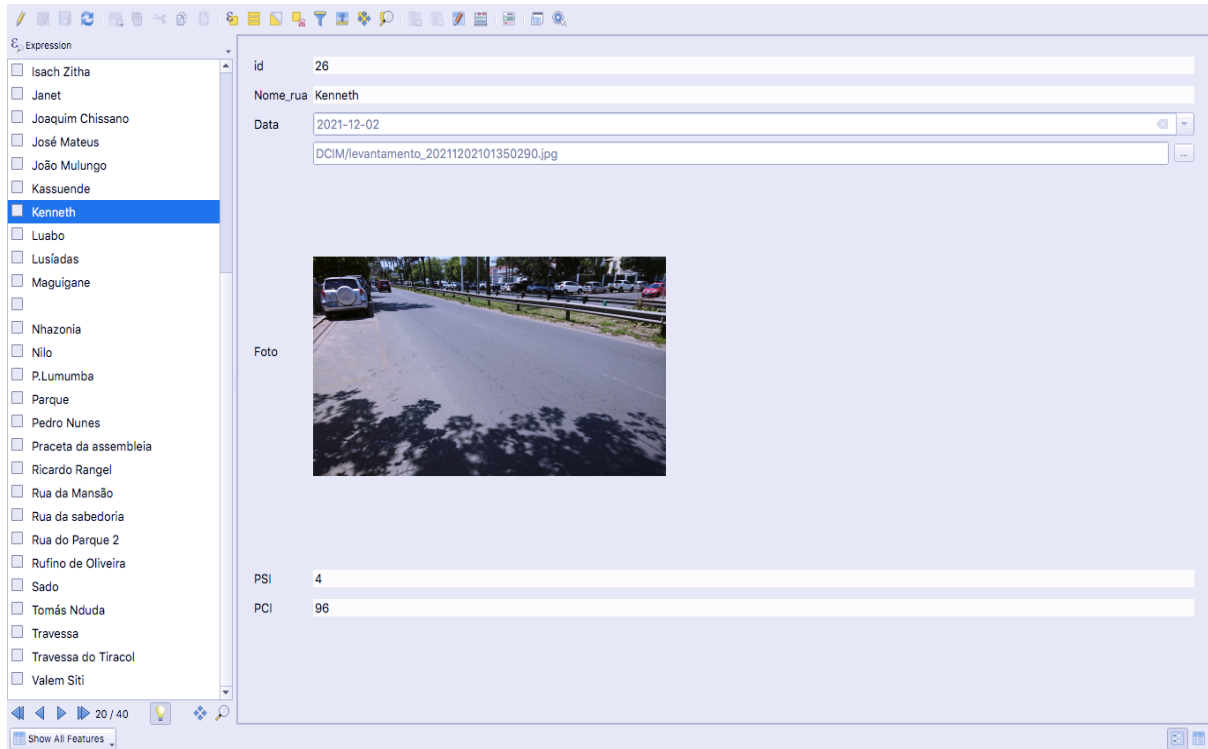


Figura 31- Avaliação da condição do pavimento em uma das visitas de monitoria (Interface da QGIS)

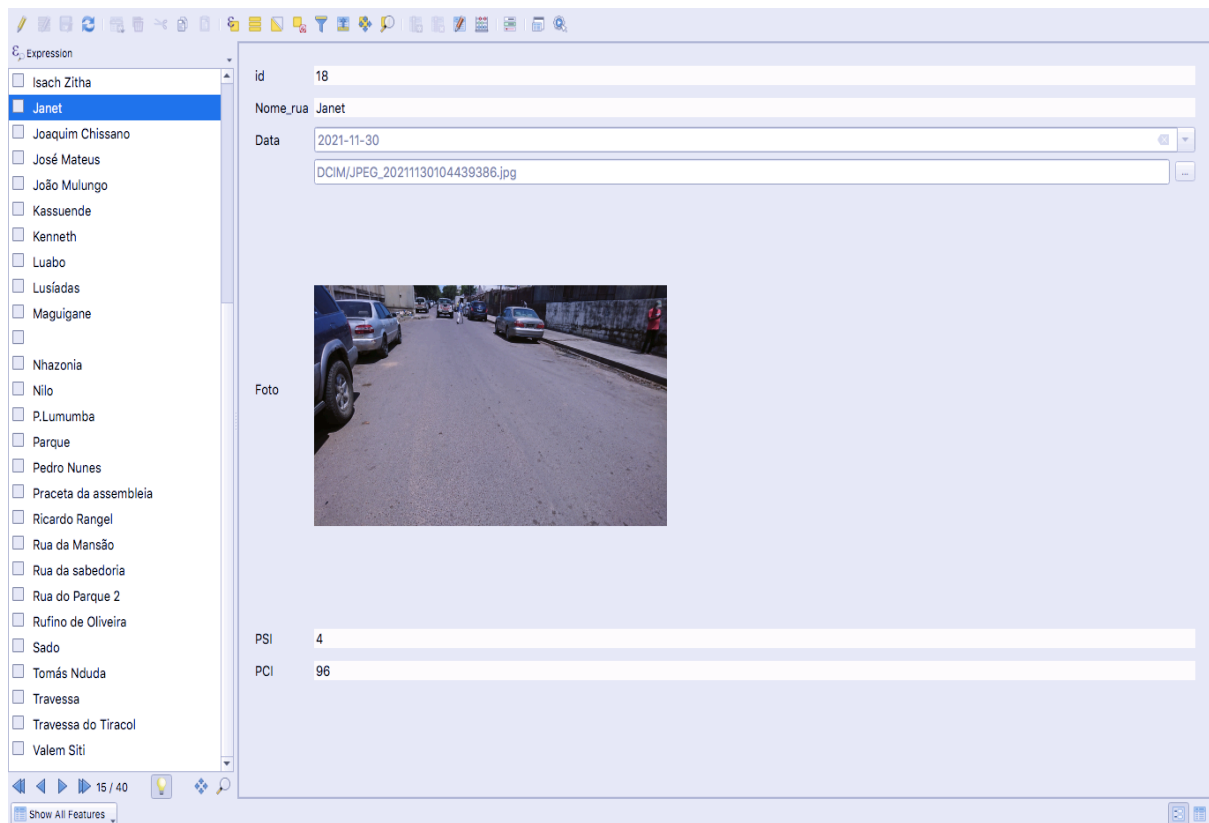


Figura 32- Avaliação da condição do pavimento em uma das visitas de monitoria (Interface da QGIS)

4.4. PRIORIZAÇÃO DE INTERVENÇÕES DE MANUTENÇÃO DE ROTINA

Neste documento não se abordam modelos matemáticos complexos que incluam índices subjetivos, modelos como o HDM, teoria de decisão, devido a falta de tempo e recursos financeiros para simulações e testes, etc.

Devido a falta de tempo, recursos materiais e financeiros para a pesquisa, não foi possível determinar alguns factores de entrada na equação de priorização (Índice de prioridade), fator de tráfego (TF), classe da via (FC), tipo e volume tráfego (TR) e tipo de manutenção (MF). Por conseguinte, o índice de prioridade (IP), foi definido usando a sua equação simplificada, que considera somente o PCI como sendo a variável determinante.

O PCI, por sua vez, foi determinado através do PSI, que foi determinado através de uma análise visual, auxiliada pela tabela 9 (Classificação de PSI segundo HPMS, 1984, MOK SMISH, 1997, APUD, Sebastião, 2021), que define o PSI em função da característica visual do pavimento.

$$IP = \frac{1}{PCI}$$

$$PCI = \frac{100}{1 + e^{(3.95 - 1.82PSI)}}$$

As figuras abaixo (25, 26, 27 e 28) tem os índices de prioridades **0.01**, **0.012**, **0.23** e **0.23** respectivamente. As figuras 27 e 28 representam a pior situação, tendo o índice de prioridade mais baixo, significando que os troços de estradas representado por essas figuras devem ser as primeiras a beneficiarem de intervenções de conservação ou reabilitação.

Nota se que, considerando somente o PCI na terminação de prioridades, os troços das estradas das ruas 3558 e 3256 têm o mesmo nível de prioridade. Se fossem considerados também aspectos referentes a outros fatores determinados por Tavakoli (1992), condição do pavimento (PCI), fator de tráfego (TF), classe da via (FC), tipo e volume trafego (TR) e tipo de manutenção (MF), certamente que um dos troços ganharia prioridade sobre o outro.

Observação de Pavimentos Rodoviários com Recurso a um Sistema de Informação Digital

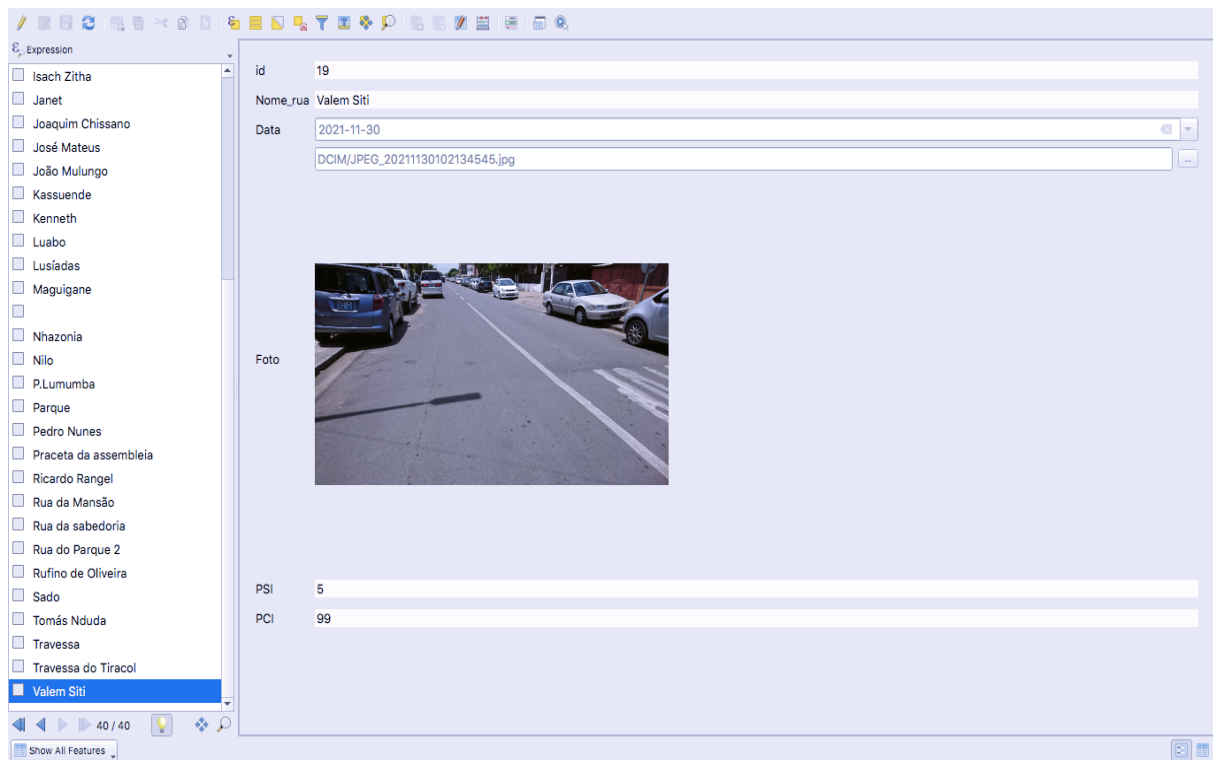


Figura 33- Avaliação da condição do pavimento (PSI e PCI)

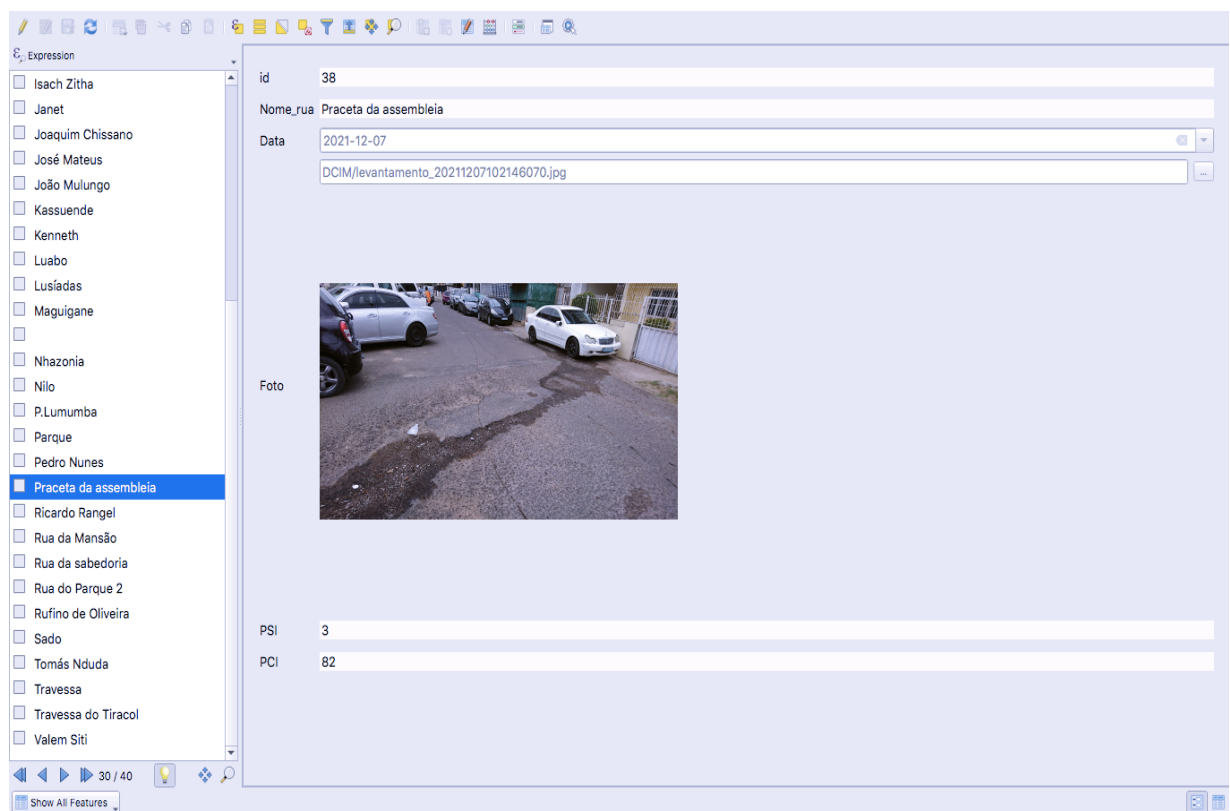


Figura 34- Avaliação da condição do pavimento (PSI e PCI)

Observação de Pavimentos Rodoviários com Recurso a um Sistema de Informação Digital

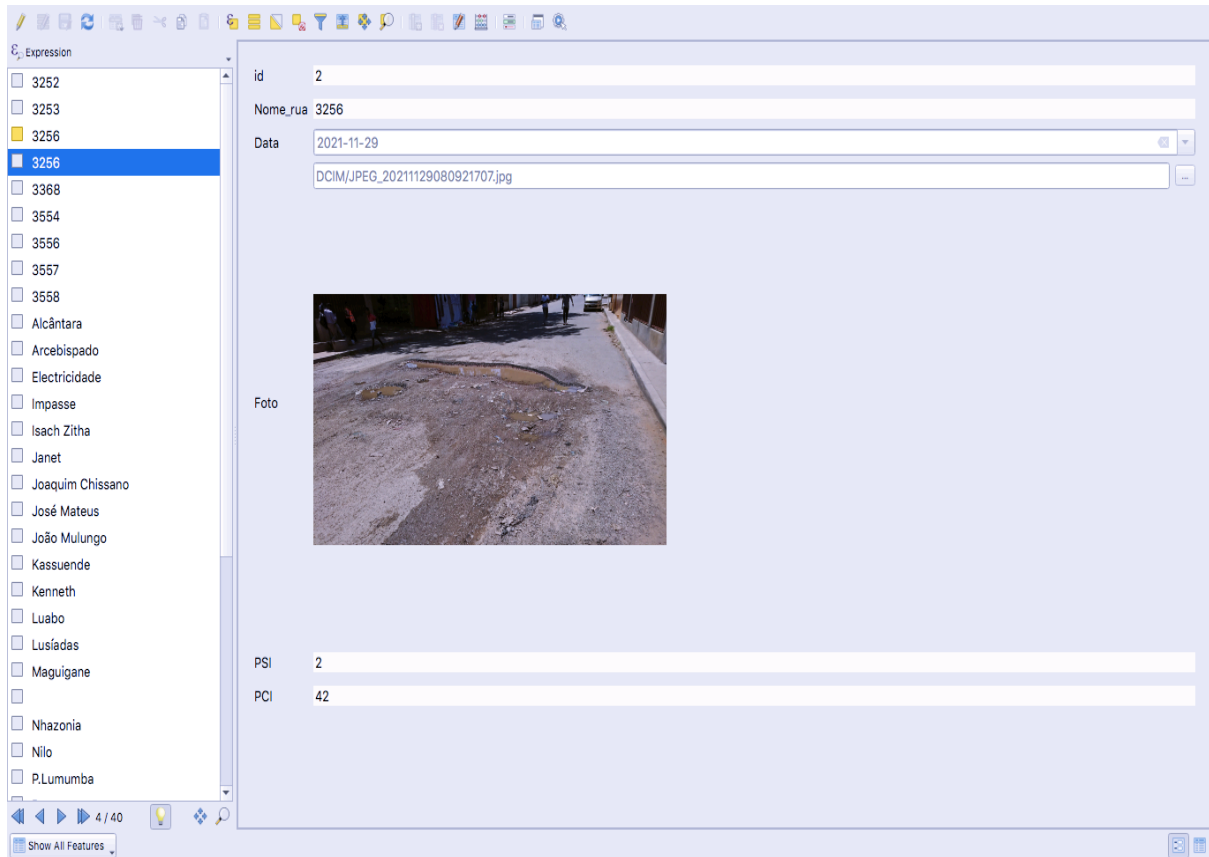


Figura 35- Avaliação da condição do pavimento (PSI e PCI)

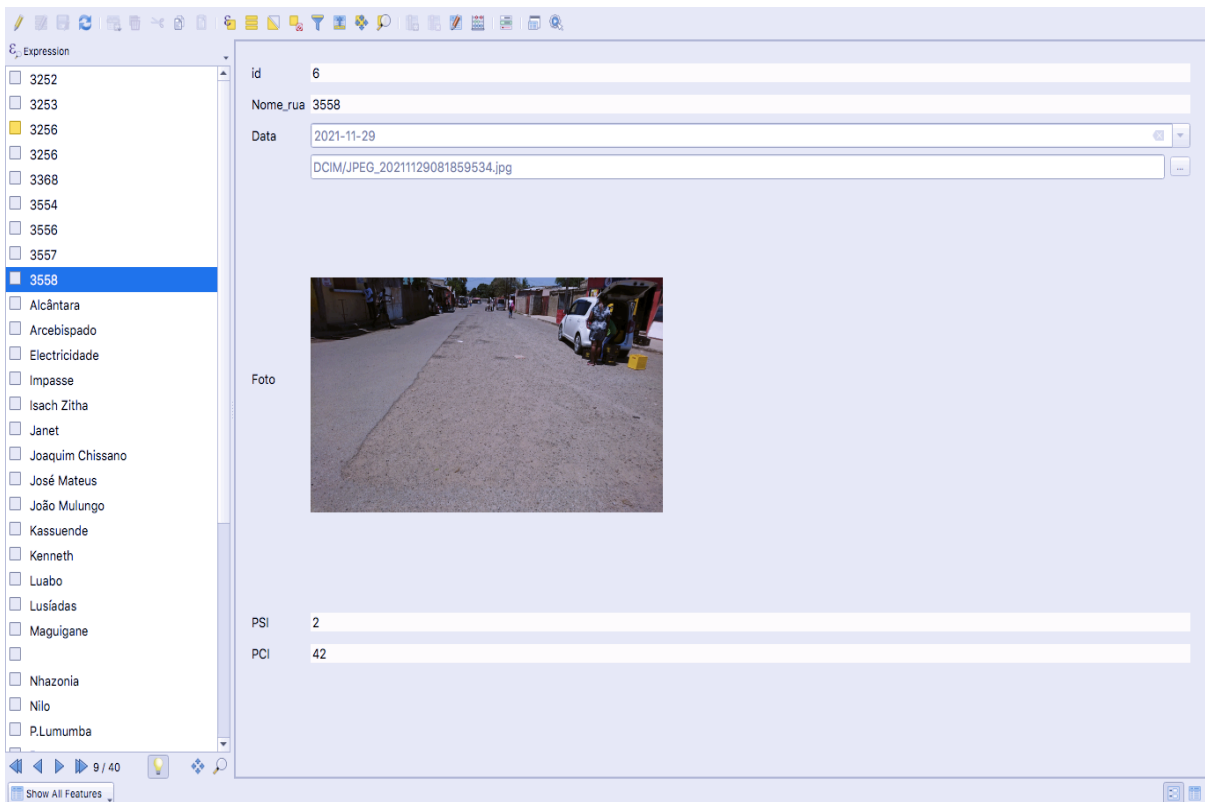


Figura 36- Avaliação da condição do pavimento (PSI e PCI)

4.5. RESUMO DO RESULTADOS OBTIDOS

4.5.1. Levantamento de patologias (buracos)

	Ponto	Referencia	Escala	Buracos	length(m)	Comp(m)	Prof(m)	Foto	Data
1	1	10m da ponte	A	9	4.50	5.00	0.9	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...
2	2	10m do ponto 1	A	8	4.90	5.00	0.8	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...
3	3	20m do ponto 2	B	14	18.10	5.50	1.40	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...
4	4	10m do ponto 3	A	7	23.20	10.00	0.7	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...
5	5	20m do ponto 4	B	10	15.10	18.30	1.00	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...
6	6	40m do ponto 5	C	8	18.20	13.40	0.8	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...
7	7	10m do ponto 6	A	9	9.20	13.10	0.9	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...
8	8	40m do ponto 7	C	11	18.30	15.80	1.10	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...
9	10	20m do ponto 9	B	15	9.60	8.70	1.50	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...
10	11	20m do ponto 10	B	18	15.40	20.10	1.80	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...
11	12	10m do ponto 11	A	8	7.60	7.20	0.8	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...
12	13	10m do ponto 12	A	13	15.90	13.50	1.30	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...
13	14	20m do ponto 13	B	7	11.20	10.20	0.7	DCIM/JPEG_...	17-10-2021 ...

Tabela 14- Tabela de atributos do levantamento de patologias (buracos)

Ponto

Foram analisados 14 pontos, perfazendo um trecho de comprimento total de 240m. os pontos são separados por distâncias definidas em função de uma escala que varia de 10 à 40 metros.

Escala

A escala foi definida em função da aproximação do buracos. A menor escala (A) representa treços com buracos muito próximos e a maior escala (C) representa treços com buracos afastados.

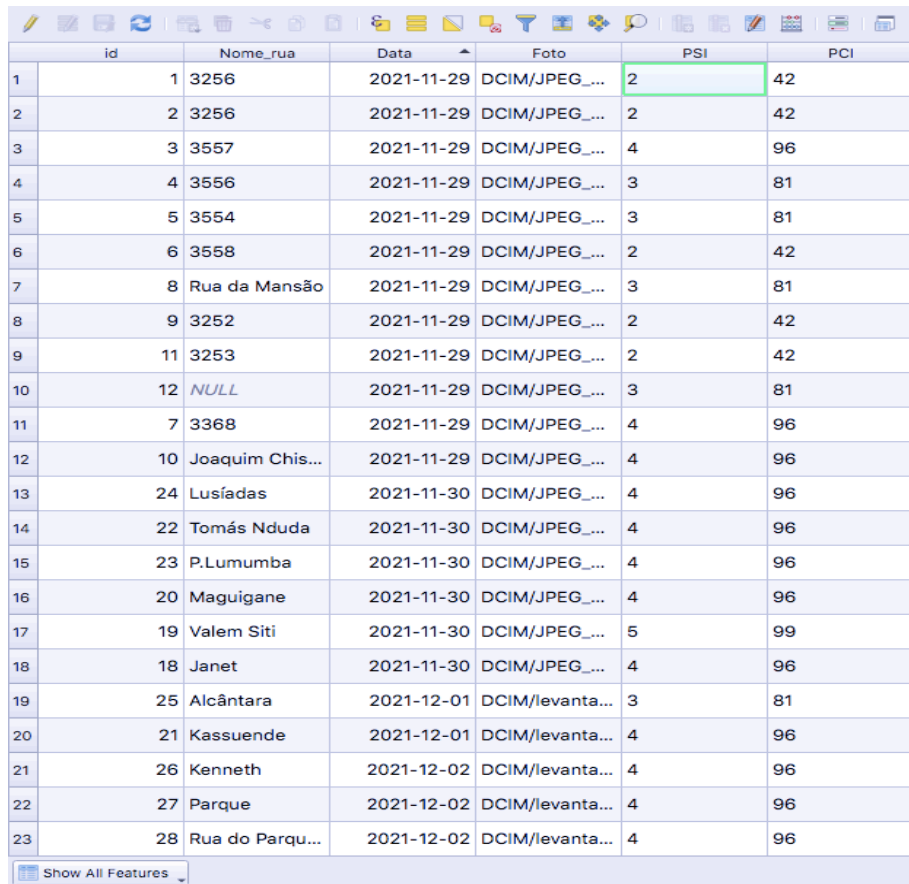
Buracos

Foram no total levantados 137 buracos com um comprimento total de 145.8m, cerca de 60% do comprimento total do trecho em análise e uma largura total de 170.8m.

Profundidade

A profundidade foi medida considerando uma profundidade média de 0.1m, visto que a maioria dos buracos tinham profundidades até a camada de base da estrutura do pavimento.

4.5.2. Definição de prioridades



	id	Nome_rua	Data	Foto	PSI	PCI
1	1	3256	2021-11-29	DCIM/JPEG_...	2	42
2	2	3256	2021-11-29	DCIM/JPEG_...	2	42
3	3	3557	2021-11-29	DCIM/JPEG_...	4	96
4	4	3556	2021-11-29	DCIM/JPEG_...	3	81
5	5	3554	2021-11-29	DCIM/JPEG_...	3	81
6	6	3558	2021-11-29	DCIM/JPEG_...	2	42
7	8	Rua da Mansão	2021-11-29	DCIM/JPEG_...	3	81
8	9	3252	2021-11-29	DCIM/JPEG_...	2	42
9	11	3253	2021-11-29	DCIM/JPEG_...	2	42
10	12	NULL	2021-11-29	DCIM/JPEG_...	3	81
11	7	3368	2021-11-29	DCIM/JPEG_...	4	96
12	10	Joaquim Chis...	2021-11-29	DCIM/JPEG_...	4	96
13	24	Lusíadas	2021-11-30	DCIM/JPEG_...	4	96
14	22	Tomás Nduda	2021-11-30	DCIM/JPEG_...	4	96
15	23	P.Lumumba	2021-11-30	DCIM/JPEG_...	4	96
16	20	Maguigane	2021-11-30	DCIM/JPEG_...	4	96
17	19	Valem Siti	2021-11-30	DCIM/JPEG_...	5	99
18	18	Janet	2021-11-30	DCIM/JPEG_...	4	96
19	25	Alcântara	2021-12-01	DCIM/levanta...	3	81
20	21	Kassuende	2021-12-01	DCIM/levanta...	4	96
21	26	Kenneth	2021-12-02	DCIM/levanta...	4	96
22	27	Parque	2021-12-02	DCIM/levanta...	4	96
23	28	Rua do Parqu...	2021-12-02	DCIM/levanta...	4	96

Tabela 15- Tabela de atributos dos dados de observação de pavimentos (interface do QGIS)

Com o auxílio da tabela 8 (classificação do PSI) do capítulo dois (2) através de uma observação direta do pavimento foi determinado o PSI e depois calculado o PCI. E com o auxílio das tabela 6 (avaliação do pavimento pelo PCI) foi feita uma avaliação da condição do pavimento. Os troços dos pavimentos são classificados como:

PSI=2	}	Pavimentos em más condições (ver tabelas 6 e 8)
PCI=42		
PSI=3	}	Pavimentos em condições regulares (ver tabelas 6 e 8)
PCI=81		
PSI=4	}	Pavimentos em boas condições (ver tabelas 6 e 8)
PCI=96		
PSI=5	}	Pavimentos em excelente condições (ver tabelas 6 e 8)
PCI=99		

Foram escolhidos os troços com o maior e o menor PCI, com auxílio da equação de Travakoli (1992) foram definidos os índices de prioridades. O pavimentos com PCI elevados tiveram menor índice de prioridade em relação aos pavimentos com PCI baixos.

5. CONCLUSÕES

5.1. RECOMENDAÇÕES

A principal operação de conservação/reabilitação de pavimentos efetuada pelo CMM e a manutenção de rotina, que é principalmente composta por operações Tapa-Buracos. A operação Tapa-Buracos, apesar de ser considerada uma medida corretiva, ela representa um custo muito elevado. Custo esse que está relacionado ao crescente volume de buracos, devido a falta de adoção de uma estratégia preventiva.

Como forma de minimizar custos, é importante ter um cadastro atualizado de estradas degradadas do Município de Maputo. Podendo assim, garantir-se uma análise prévia, permitindo identificar problemas de pequena a grande escala e definir uma boa estratégia e métodos de conservação que se adequem a essa situação, de forma a minimizar os custos de manutenção.

A utilização de ferramentas informáticas na gestão de pavimentos, está sendo usado em vários países.

O software QGIS e o Aplicativo Qfield apresentam-se como ferramentas de rápido e fácil entendimento e utilização, permitindo espacializar informação de interesse, facilitando a análise, localização e quantificação de problemas de degradação de pavimentos (buracos, o caso em estudo).

Vantagens do sistema de informação digital

- ♣ O QGIS e o QField são *softwares* livres e de fácil manuseamento;
- ♣ O sistema permite a criação de uma base de dados dinâmica, onde podem ser armazenados diferentes dados técnicos da estrada conforme a relevância (tais como nível de serviço, tipo e estrutura do pavimento, tráfego, condições de superfície, patologias etc.)
- ♣ É uma importante ferramenta para os Administradores na análise das vias que necessitam de recuperação em diversos níveis de intervenção, de modo a evitar o desperdício de recursos disponíveis (matérias, equipamentos e recursos humanos);
- ♣ No caso particular das operações “tapa buraco”, com o auxílio das informações cadastradas, o plano operacional poderá ser mais completo e detalhado, contendo informações como o tipo de situações que ir-se-á encontrar e os materiais e equipamentos necessários;

- ♣ Alguns dos seus dados (tabelas), podem ser visualizados e processados no Excel;
- ♣ Dados manipulados no Excel podem ser visualizados no software QGIS.

Desvantagens do sistema de informação digital

- ♣ No processo de levantamento de buracos é necessário que haja condicionamento do trânsito no troço em estudo;
- ♣ Execução de levantamentos de campo periódicos para atualização dos dados em toda a rede ou em troços específicos.

5.2. PERSPECTIVAS

Como referido nos capítulos anteriores, a falta de tempo e recursos financeiros, impossibilitou a elaboração de um sistema de gestão de manutenção de estradas. O sistema de informação digital proposto, é só uma parte do que seria o sistema de gestão, pois este, carece de vários aspectos relacionados à gestão e de critérios de teoria de decisão que se consideram para a tomada de decisão, além de aspectos técnicos, aspectos económicos, sociais e ambientais. A título de exemplo, temos os critérios definidos no HDM para a análise de multicritérios da AHP, que exigiram simulações, e testes.

Limitou-se a determinação de prioridades considerando o PSI e PCI, que também careceu de outros factores relacionados a estradas a sofrerem intervenções (fator de tráfego (TF), classe da via (FC), tipo e volume tráfego (TR) e tipo de manutenção (MF)).

Deixa-se como desafio, a quem o tema lhe criar curiosidade ou até mesmo aos próximos estagiários, dar seguimento à elaboração do sistema de gestão. Como ponto de partida, poderá iniciar por testar a equação do Travakoli (1992), referida no capítulo quatro (4) na secção de priorização de intervenções de conservação/reabilitação, considerando e analisado os factores referentes a estrada (fator de tráfego (TF), classe da via (FC), tipo e volume tráfego (TR) e tipo de manutenção (MF)), factores estes que devido ao tempo não foi possível considerar. A consideração desses factores levará a definição da prioridade entres os troços das estradas 3558 e 3256.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Street, 7th edition, Washington, DC, ASSHTO, 2001.

ASSHTO, Pavement Management Guide, 1st ed., Washington, DC, AASHTO, 2001.

JICA, Estudos Sobre Plano Diretor e Estudo de Viabilidade para o Desenvolvimento De Estradas da Cidade de Maputo, Na Republica De Moçambique, Relatório Final, Maputo, 2001.

LAKATOS, Eva., MARCONI, Marina, A., Fundamentos de Metodologia Cientifica 5^a ed., São Paulo, Editora ATLAS. S.A., 2003.

PRODANOV, Cleber Cristiano., FRETAS, Ernani Cesar., METODOLOGIA DE TRABALHO CIENTÍFICO- Métodos e Técnicas de Pesquisa e de Trabalho Acadêmico., 2^a ed. ASPEUR-Universidade Feevale., Novo Hanburgo- Rio grande do Sul- Brasil., 2013.

SANTOS, Picado L., FERREIRA, Paulo., BRANCO, Fernando. Pavimentos Rodoviários. 2^a ed. Lisboa, Almeida, 2013.

SEBASTIÃO, Sérgio. Modelagem de um Sistema de Informação para Gestão Sustentável da Rede de Estradas do Município De Maputo. ESTEC, UP, 2021.

7. APENDIX

7.1. CRIAÇÃO DO SISTEMA DIGITAL DE LEVANTAMENTO DE BURACOS

Apêndice I

CRIAÇÃO DO SISTEMA DIGITAL DE LEVANTAMENTO DE BURACOS

O sistema digital de levantamento de buracos foi criado, seguindo-se o passos abaixo:

1. Abrir o programa;
2. Iniciar um novo projeto;
3. Verificar o sistema referencial de coordenadas → *Project* → *Properties* → *CRS* → definir (EPSG: 4326) → *Apply* → *OK*

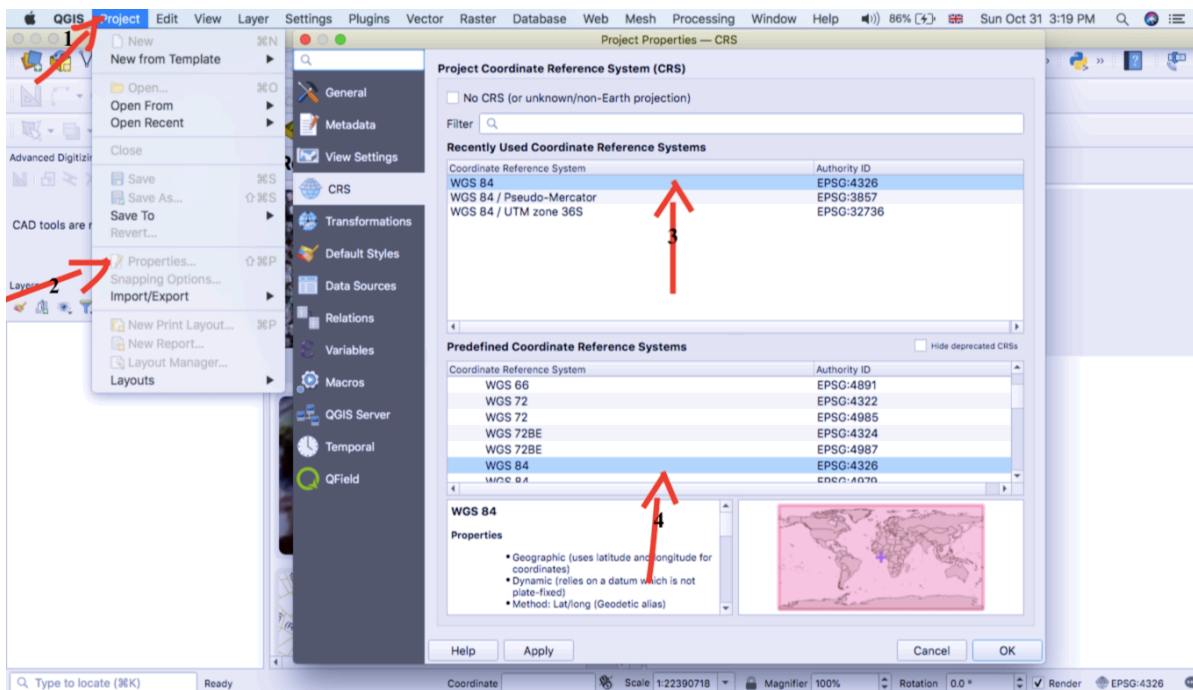


Figura A 1.1- procedimento de verificação do sistema referencial de coordenadas

4. Inserir imagem satélite → *Plugins* → *Manage and install plugin* → *search* (*quickMapServices*) → *Install* → *Web* → *QuickMapService* → *Google* → *Google satellite*;

Inserido a imagem Google satélite, está aparecerá na interface do software e do lado esquerdo aparecerá uma camada correspondente a essa imagem.

Observação de Pavimentos Rodoviários com Recurso a um Sistema de Informação Digital

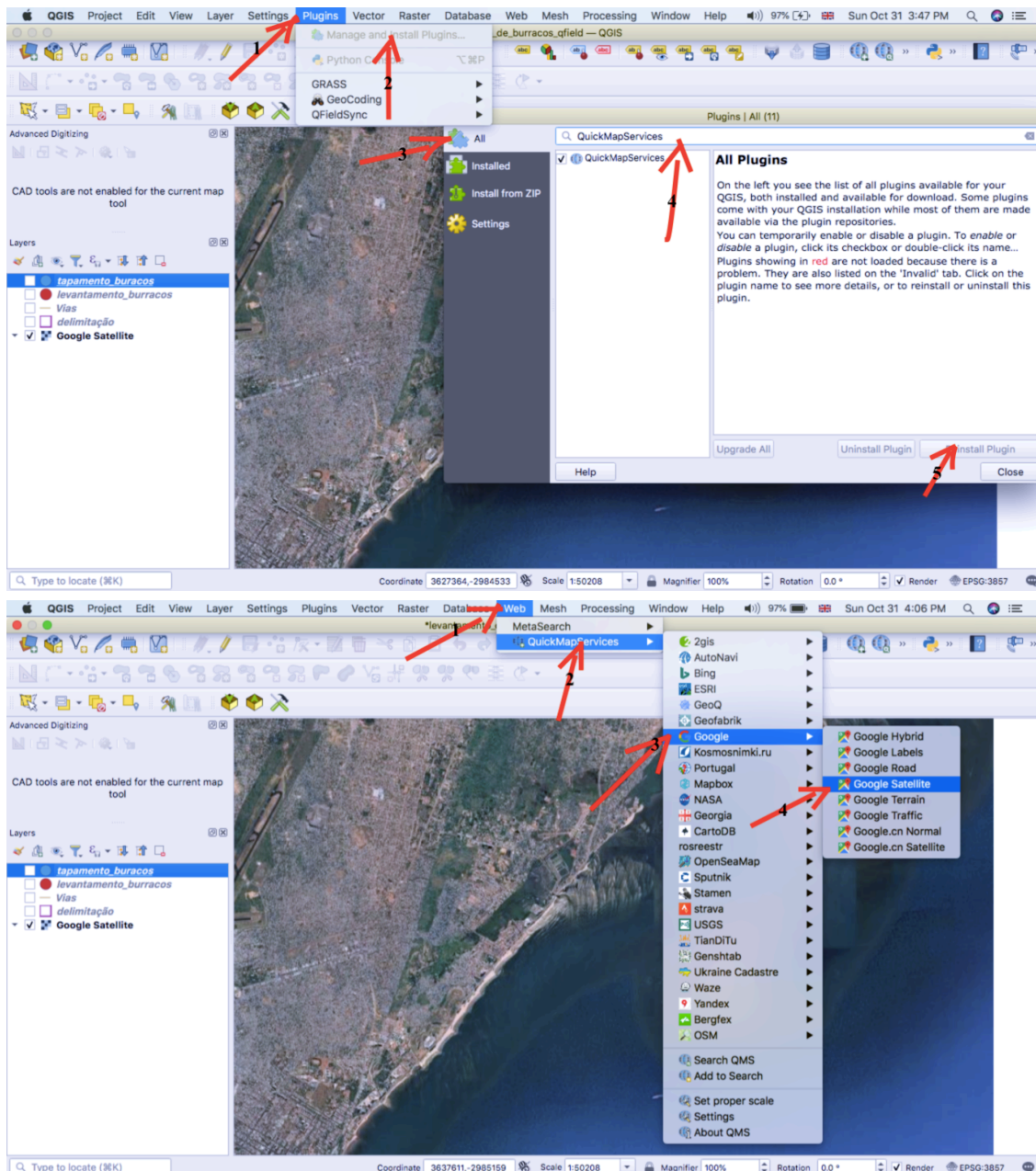


Figura A 1.2- procedimento de colocação da imagem satélite

5. Introduzir um novo shapefile de vias (estradas) → Open data source manager
→ inserir o shapfile;

Inserido o shapefile, este aparecerá na interface do software e do lado esquerdo aparecerá uma camada correspondente a esse shapefile.

Observação de Pavimentos Rodoviários com Recurso a um Sistema de Informação Digital

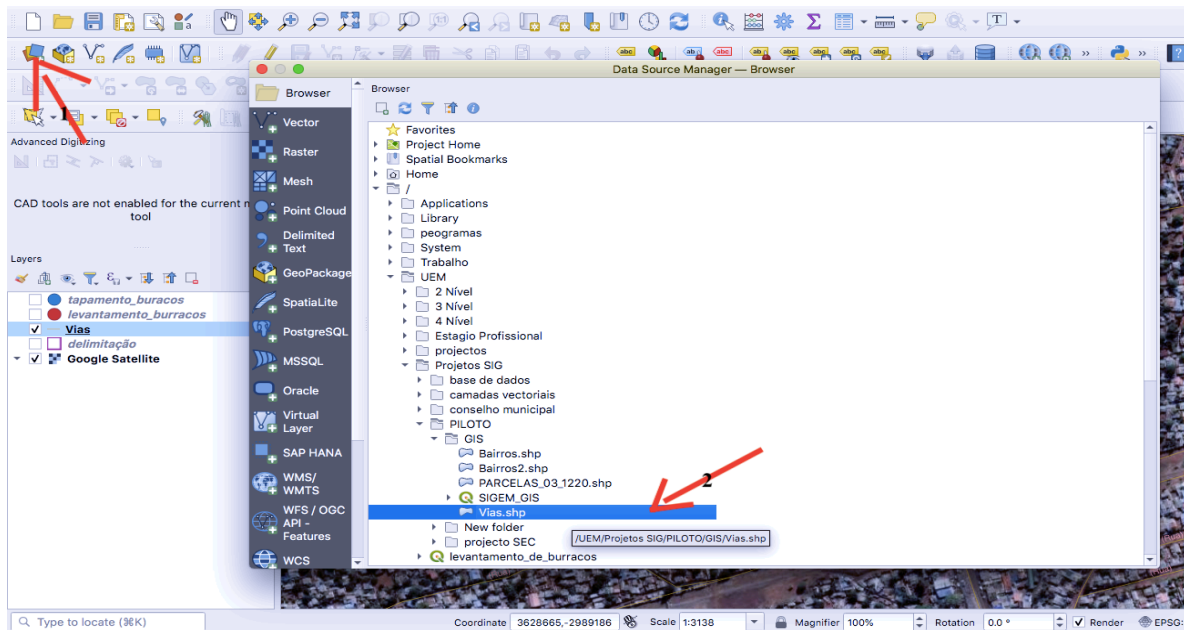
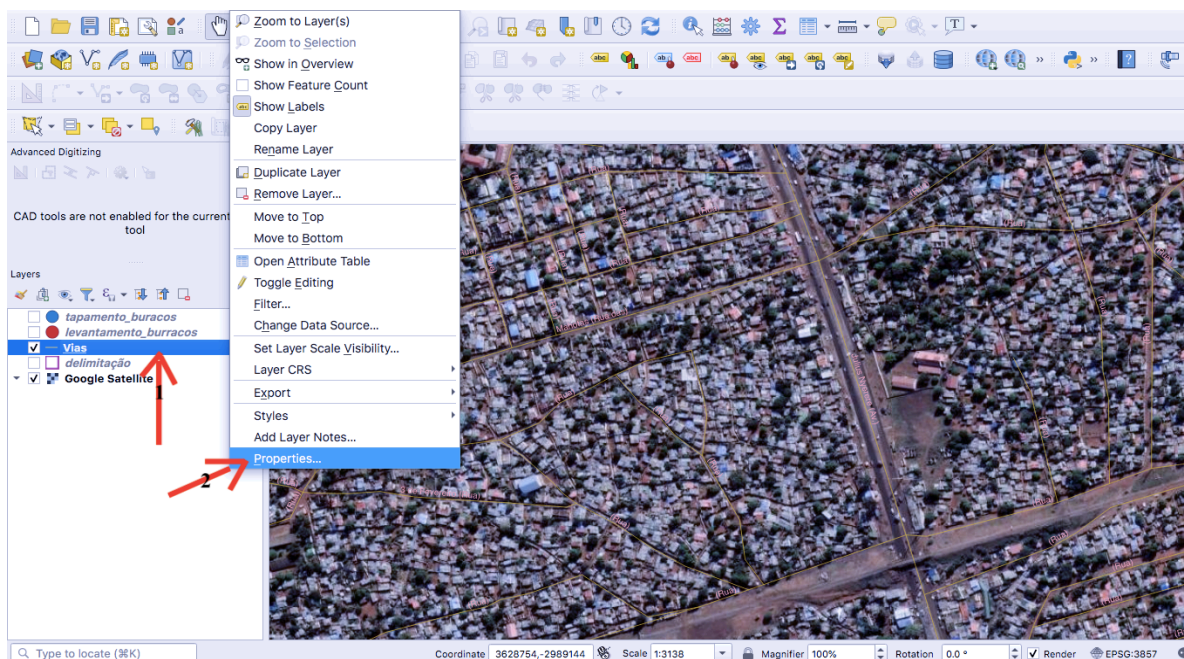


Figura A 1.3- introdução de um shapfile

6. Formatar o shapefile (definir a coloração, visualização de informação, etc.)
→ marcar a camada do shapefile → botão opções do mouse → properties → fazer as formatações → Apply → OK;

NOTA: verificar sempre que inserir um shapefile o sistema referencial de coordenadas do shapefile em causa.



Observação de Pavimentos Rodoviários com Recurso a um Sistema de Informação Digital

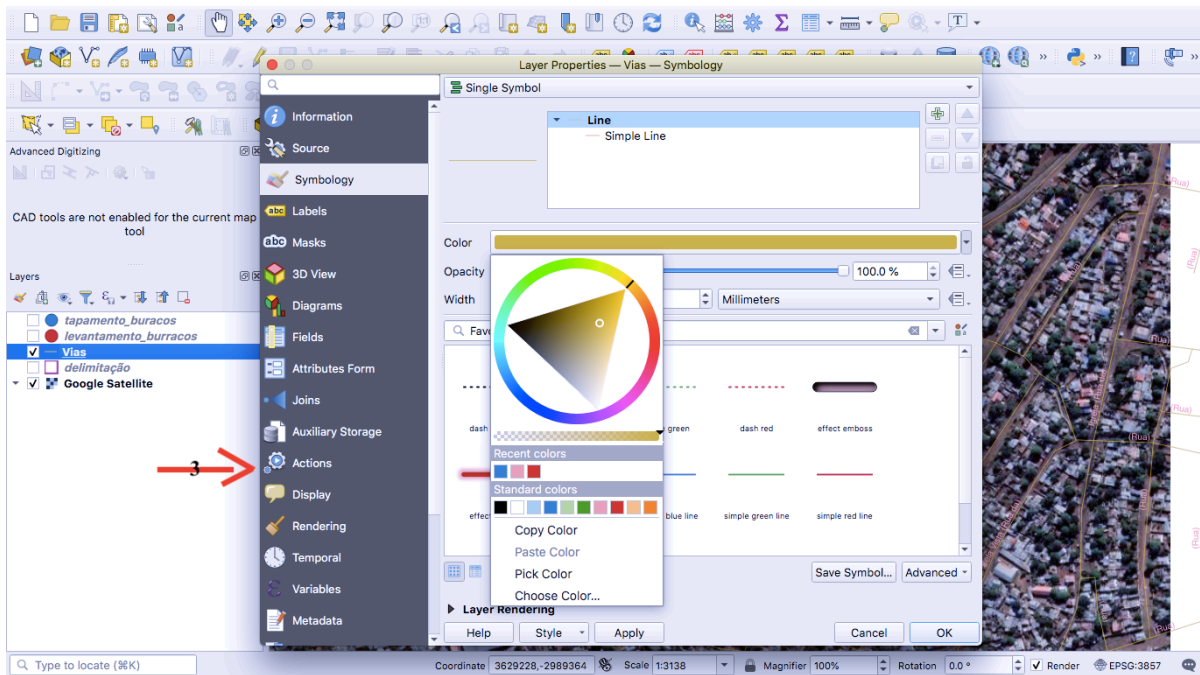


Figura A 1.4- formatação do shapefile

7. Criar uma camada vetorial de levantamento de buracos → new shapefile → file name (opções- escolher o nome e o local onde salvar) → Geometry (point) → Adicional geometry (none) → Sistema referencial de coordenadas (Atribuir o adotado para o projecto);

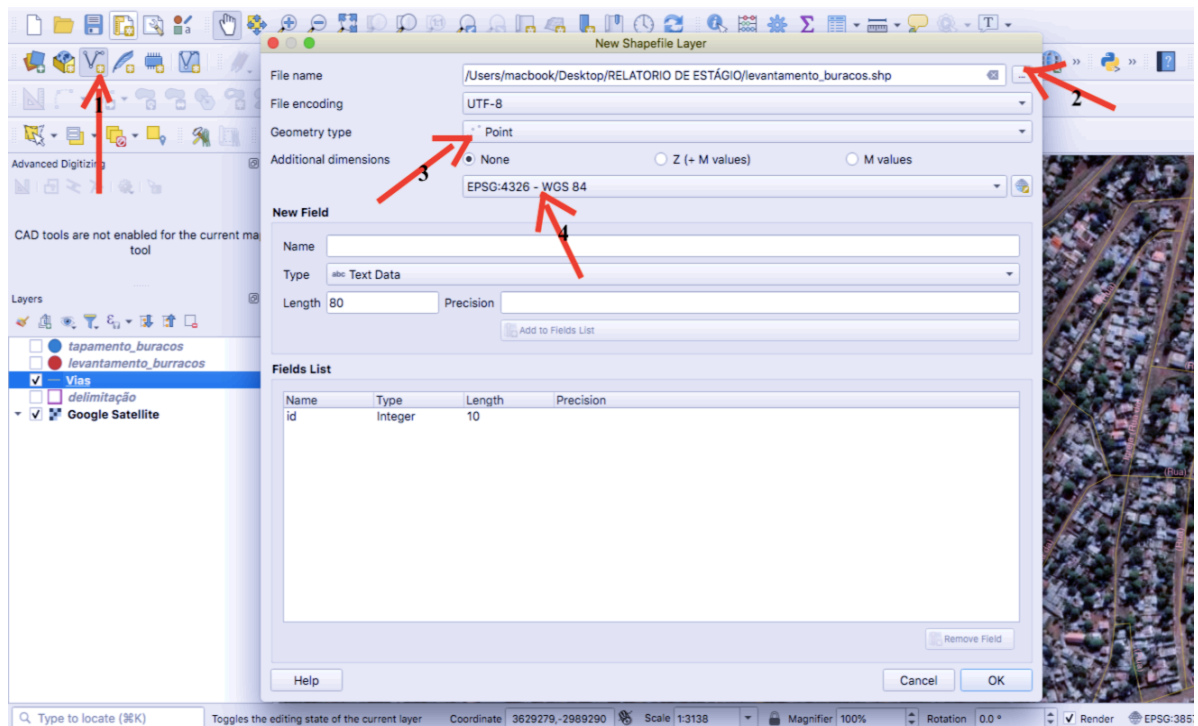


Figura A 1.5- criação de uma camada vetorial

8. Iniciar a criação da tabela de atributos → *Name* (inserir nome do campo) → *Type* (podendo ser numero inteiro, numero decimal, texto ou data, dependendo da natureza dos dados a serem registados) → *length* (numero de algarismos ou letras a serem inseridos no campo) → *Precision* (numero de casas decimal se o campo for preenchidos por números decimal) → *Add the field* (repetir o processo até que tenha introduzido toda tabela) → *OK*.

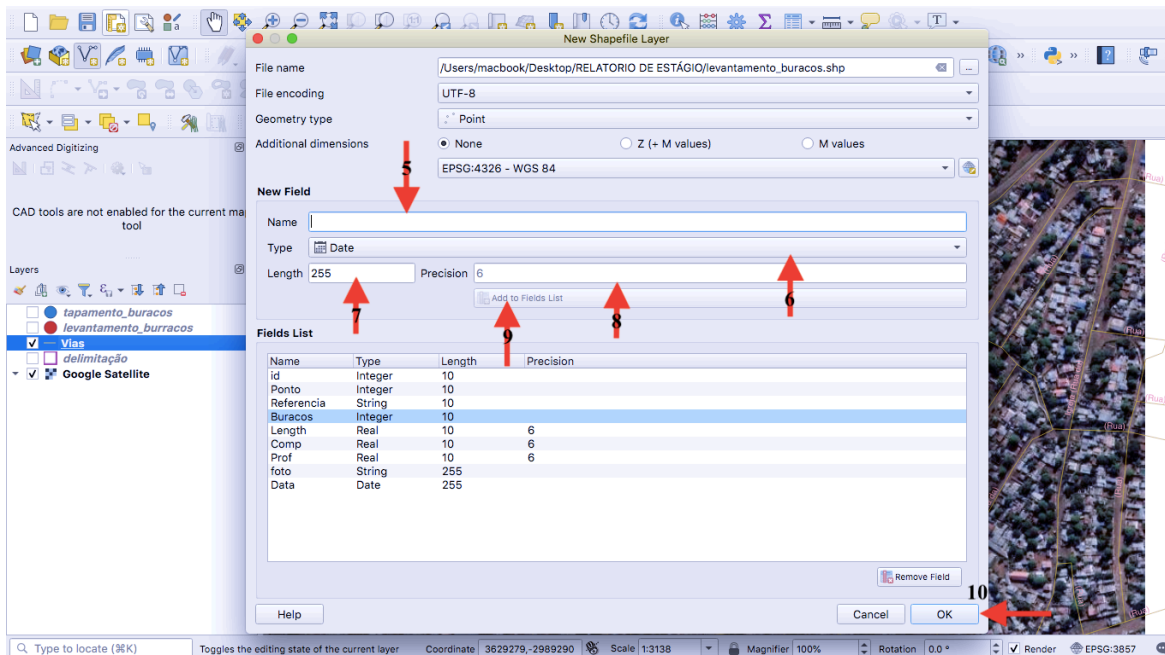


Figura A 1.6- criação da tabela de atributos

9. Formatar a camada vetorial (definir a coloração, visualização de informação, etc.) → *marcar a camada do shapefile* → *botão opções do mouse* → *Properties* *fazer as formatações* → *Apply* → *OK*

NOTA: Na formatação deve se ter sempre o cuidado de mudar as propriedades da foto, colocando ela como anexo e aumentar o seu tamanho de visualização.

Observação de Pavimentos Rodoviários com Recurso a um Sistema de Informação Digital

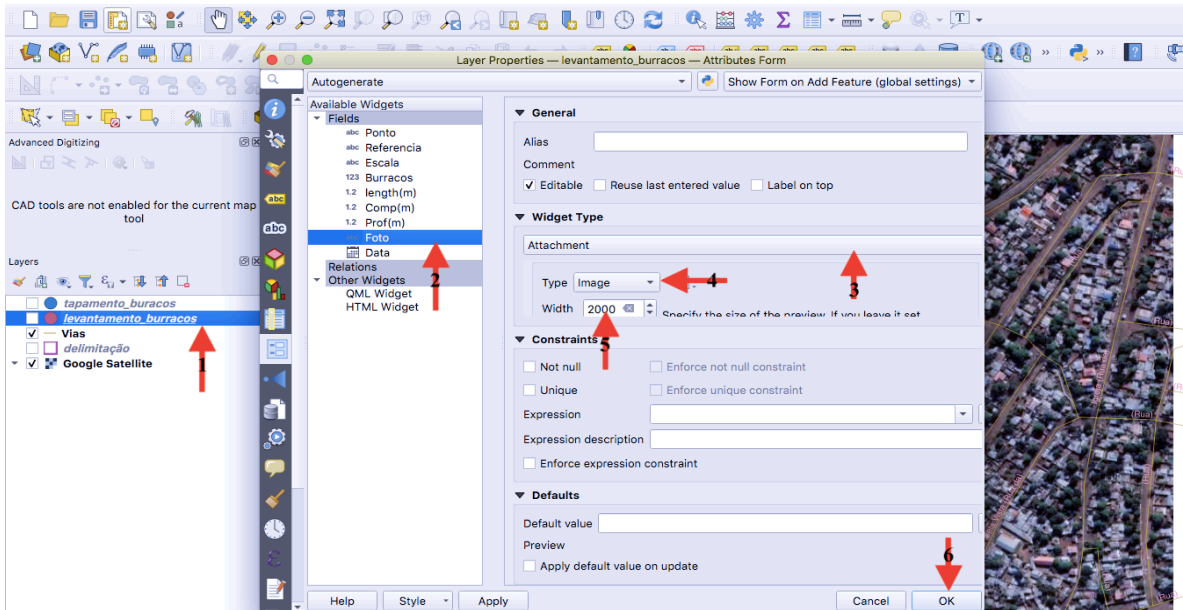
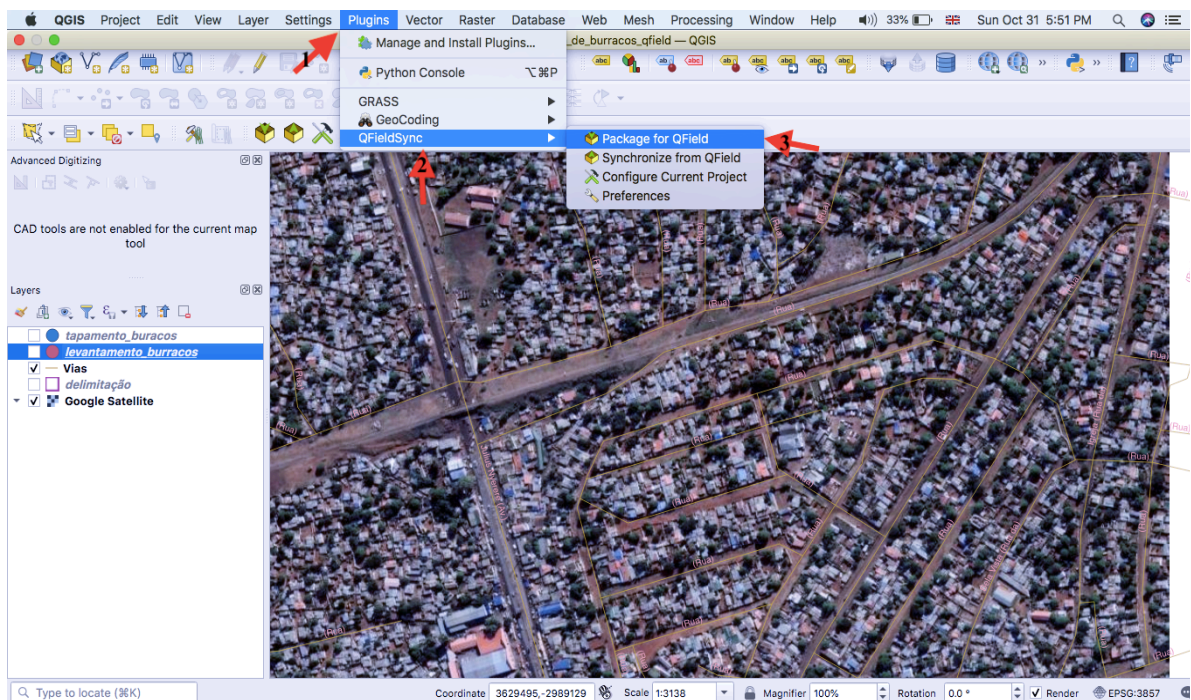


Figura A 1.7- formatação da camada vetorial

10. Exportar para o Qfield → Ir para o Plugins → QfieldSync → pack for Qfield
Selecionar a pasta destino no computador → synchronise → OK.



Observação de Pavimentos Rodoviários com Recurso a um Sistema de Informação Digital

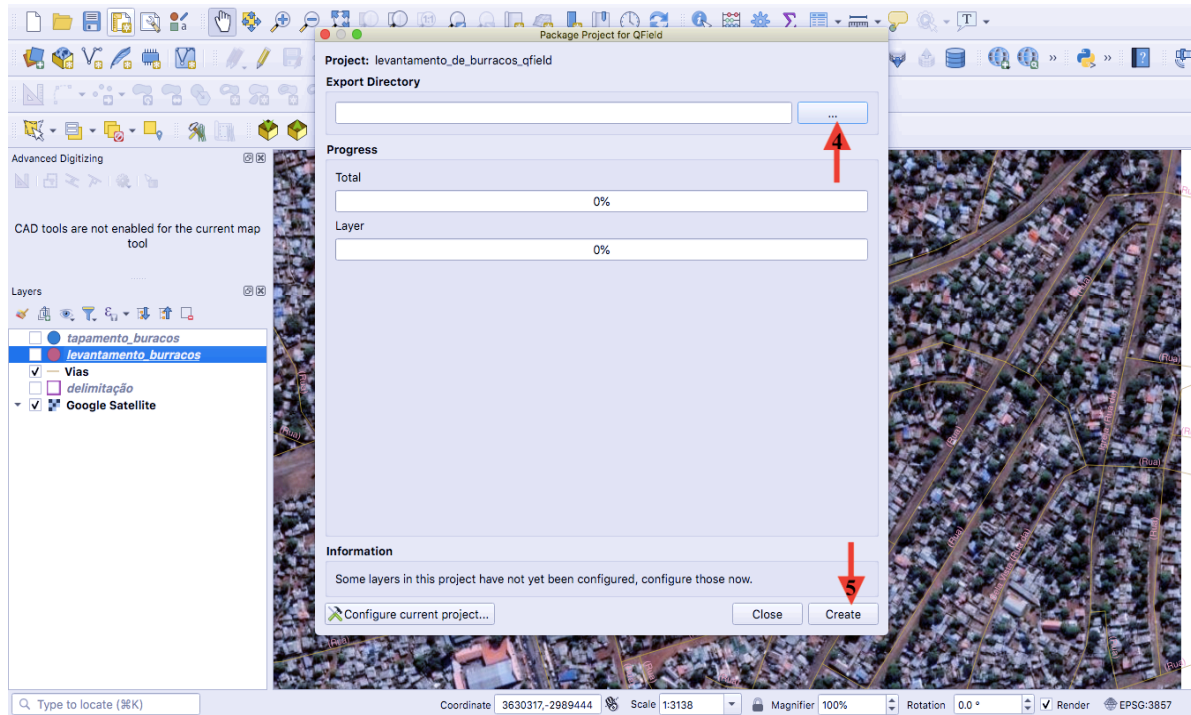


Figura A 1.8- Exportação do projeto para o QField