



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

DANILLO MARCUS FARIAS MARINHO DO MONTE

**INSPEÇÃO DE MALHA RODOVIÁRIA FEDERAL COM AUXÍLIO DE
VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)**

**SUMÉ - PB
2019**

DANILLO MARCUS FARIAS MARINHO DO MONTE

**INSPEÇÃO DE MALHA RODOVIÁRIA FEDERAL COM AUXÍLIO DE
VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Augusto de Moura Pereira.

**SUMÉ - PB
2019**

M772i Monte, Danilo Marcus Farias Marinho do.
Inspeção de malha rodoviária federal com auxílio de veículo aéreo não tripulado. / Danilo Marcus Farias Marinho do Monte. - Sumé - PB: [s.n], 2019.

68 f.

Orientadora: Professor Dr. Daniel Augusto de Moura Pereira.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Produção.

1. Pavimentos asfálticos. 2. Rodovias federais - inspeção. 3. Patologias asfálticas. 4. Veículo aéreo não tripulado – VANT’S. 5. Avaliação de pavimentos asfálticos. 6. Controle da qualidade total. Ciclo PDCA. I. Pereira, Daniel Augusto de Moura. II. Título.

CDU: 625.8(043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

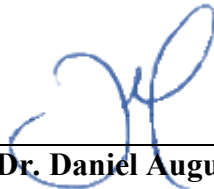
Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

DANILLO MARCUS FARIAS MARINHO DO MONTE

**INSPEÇÃO DE MALHA RODOVIÁRIA FEDERAL COM AUXÍLIO DE
VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

BANCA EXAMINADORA:



Professor Dr. Daniel Augusto de Moura Pereira
Orientador – UAEP/CDSA/UFCG



Professora Dra. Cecir Barbosa de Almeida Farias
Examinador(a) 1 – UAEP/CDSA/UFCG



Professor Dr. Rômulo Augusto Ventura da Silva
Examinador(a) 2 – UATEC/CDSA/UFCG

Trabalho aprovado em: 03 de dezembro de 2019.

SUMÉ - PB

Aos meus pais e filhos, em especial, aos meus avós Manoel dos Santos e Sebastiana Julia Farias (in memoriam) e ao meu tio Erasmo Farias dos Santos (in memoriam), que torceram incansavelmente por minhas vitórias.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, se não fosse pela vontade D'Ele, até aqui eu não teria chegado. A minha amabilíssima mãe Maria, a qual me carregou no colo em todos os momentos aos quais não consegui caminhar com as minhas próprias pernas.

Aos meus queridos pais, Leonardo e Astrogilda, a minha irmã Tália e meu irmão Felipe, que durante todo esse tempo me fortaleceram e me deram todo o auxílio necessário para que eu chegasse até aqui. Obrigado por tudo o que fizeram, principalmente por cuidarem dos meus filhos enquanto estive longe.

Em especial aos meus filhos, Caio e Lara. Passamos dias distantes uns dos outros, mas agradeço a Deus por ter dado maturidade, sabedoria e paciência a nós três para suportamos todas as dificuldades. Vocês são a principal razão de tudo.

Saudosamente aos meus avós, Manoel e Sebastiana, e ao meu tio Erasmo, que no último ano partiram deixando muitas saudades. Sei que de onde estiverem me olhando, continuam torcendo por minhas vitórias.

A minha namorada, Tarciana Andrade, que nos últimos quatro anos tem me apoiado, e de forma muito carinhosa me encorajado a enfrentar todas as dificuldades que aqui encontrei.

A todos os familiares, primos, tios e amigos que de alguma forma contribuíram e torceram para que tudo isso acontecesse.

Aos meus amigos irmãos que Deus me deu durante o curso, Matheus Yanko, Vinicius Lins e Jordan Matheus, companheiros de profissão e de vida.

Aos meus orientadores e amigos Daniel Moura e Rômulo Augusto por tudo o que fizeram, por todo conhecimento repassado, pelas oportunidades e por terem acreditado na minha capacidade.

Ao meu irmão em Cristo, João Alves, pelas incansáveis orações e por ter me aproximado cada dia mais de Deus.

A Ricardo Feitosa, Andreia Feitosa e Donato Feitosa, por terem aberto as portas da sua indústria para que eu realizasse os meus estudos e experimentos.

RESUMO

O crescimento desordenado da frota de veículos no mundo tem provocado fenômenos rodoviários imensuráveis. Em especial, no Brasil, de 2009 até 2019 houve um crescimento de aproximadamente 80% da frota de veículos existente no país de diversas categorias. Todo esse aumento tem provocado um fluxo intenso de veículos nas malhas rodoviárias existente no país que, em contrapartida, só oferece cerca de 12% da sua malha existente pavimentada. Com base nos dados obtidos, consta-se que: o reflexo desse aumento tem provocado deterioração prematura dos pavimentos devido ao aumento de fluxo e de sobrecargas de veículos pesados. Dessa forma, o surgimento de patologias na superfície dos pavimentos tem ocorrido precocemente, tornando mais difícil a inspeção, fiscalização, controle e manutenção das rodovias. Objetivou-se então, a utilização dos VANT's (Veículos Aéreos Não Tripulados) como ferramenta de auxílio para inspeção dos pavimentos, tendo em vista o baixo custo de operação e alta eficiência. Sendo assim, dois trechos de duas rodovias federais fazem parte do objeto de estudo, evidenciando e comprovando a ocorrência dos fatos e a eficiência do método.

Palavras-chave: Malhas Rodoviárias Federais. Patologias do Asfalto. Inspeção com VANT's. DroneDeploy. Mapeamento.

ABSTRACT

The disorderly growth of the vehicle fleet in the world has caused immeasurable road phenomena. In particular, in Brazil, from 2009 to 2019 there was a growth of approximately 80% of the existing vehicle fleet in the country of various categories. All this increase has caused an intense flow of vehicles in the existing road networks in the country, which in return only offers about 12% of its existing paved network. Based on the data obtained, it appears that the reflection of this increase has caused premature deterioration of the pavements due to increased flow and overloading of heavy vehicles. Thus, the appearance of pathologies on the surface of the pavements has occurred early making the inspection, inspection, control and maintenance of the highways more difficult. The objective was then the use of UAVs (Unmanned Aerial Vehicles) as an aid tool for pavement inspection in view of the low cost of operation and high efficiency. Thus, two sections of two federal highways are part of the object of study showing and proving the occurrence of the facts and the efficiency of the method.

Keywords: Federal Road Mesh. Asphalt Pathologies. UAV Inspection. DroneDeploy. Mapping.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Seção transversal do pavimento flexível.....	16
Figura 2	Trinca transversal br-230/pb.....	18
Figura 3	Trinca longitudinal br-230/pb.....	19
Figura 4	Trincas em bloco e couro de jacaré br-230/pb.....	20
Figura 5	Trincas em bloco e couro de jacaré br-230/pb.....	21
Figura 6	Panela ou buraco br-412/pb.....	22
Figura 7	Remendo br-230/pb.....	23
Figura 8	Diagrama de Ishikawa.....	35
Figura 9	Ciclo PDCA.....	36
Figura 10	Sequência metodológica para construção de dados e relatório final.....	37
Figura 11	Plataforma web do dronedeploy.....	38
Figura 12	Configuração do mapeamento na plataforma do aplicativo.....	40
Figura 13	Fluxo de tarefas para criação de mds no agisoft photoscan.....	41
Figura 14	Mds rodovia federal br-230/pb km 65.....	42
Figura 15	Dji mavic air.....	44
Figura 16	Plano de voo realizado no dronedeploy web.....	45
Figura 17	Plano de voo realizado no dronedeploy web.....	46
Figura 18	Plano de voo realizado no dronedeploy web.....	46
Figura 19	Extensão br-230/pb.....	47
Figura 20	Parte do trecho mapeado - br-230/pb.....	48
Figura 21	Patologias - trincas br-230/pb.....	49
Figura 22	Patologia br-230/pb.....	49
Figura 23	Patologias br-230/pb.....	50
Figura 24	Extensão Total br-412/pb.....	51
Figura 25	Mapeamento 3d photoscan br-412/pb.....	51
Figura 26	Ortomosaico photoscan br-412/pb.....	52
Figura 27	Patologia do tipo panela – br-412/pb.....	53
Figura 28	Patologia do tipo panela - br-412/pb.....	54

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Malha rodoviária pavimentada por país.....	26
Gráfico 2	Evolução das rodovias federais pavimentadas – 2009/2019.....	26
Gráfico 3	Frota de veículos por ano de fabricação.....	27
Gráfico 4	Quadro geral das rodovias pavimentadas – 2009/2019.....	28
Gráfico 5	Comparativo das condições superficiais do pavimento.....	29
Gráfico 6	Variação de volume do fluxo – br-230/pb.....	47
Gráfico 7	Variação de Volume do fluxo br-412/pb.....	52

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	OBJETIVOS GERAL.....	12
1.1.1	Objetivos específicos.....	12
1.2	JUSTIFICATIVA.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1	PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.....	15
2.2	TIPOS DE PAVIMENTOS.....	15
2.2.1	Pavimentos Flexíveis.....	15
2.3	PATOLOGIA DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS.....	17
2.3.1	Fendas.....	17
2.3.2	Afundamento.....	20
2.3.3	Ondulação ou Corrugação.....	21
2.3.4	Escorregamento.....	21
2.3.5	Esxudação.....	21
2.3.6	Desgaste.....	22
2.3.7	Panela ou Buraco.....	22
2.3.8	Remendo.....	22
2.4	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO PAVIMENTOS.....	23
2.5	MALHAS RODOVIÁRIAS FEDERAIS.....	24
2.5.1	Estado geral das rodovias Federais.....	27
2.5.2	Condições da superfície do pavimento.....	29
2.6	PLATAFORMA AÉREA VANT'S/RPAS.....	30
2.6.1	Classificação dos vant's/rpa's.....	30
2.6.2	Aplicações e Vantagens dos Vant's.....	32
2.7	LEGISLAÇÃO, REGULAMENTAÇÃO VIGENTE NO BRASIL.....	33
2.8	CONTROLE DA QUALIDADE TOTAL.....	34
2.8.1	Método de Controle de Processo.....	35
2.8.2	Ciclo PDCA na Manutenção e Melhoria.....	35
3	METODOLOGIA.....	37
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO.....	43
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
	REFERÊNCIAS.....	58
	APÊNDICE.....	60

1 INTRODUÇÃO

Os pavimentos asfálticos são estruturas compostas por diversas camadas, entretanto, a camada que mais recebe ações diretas é a camada superior mais conhecida como asfalto, ao qual recebe diretamente as ações climáticas e as cargas e sobre cargas dos eixos dos veículos. É importante frisar que o pavimento tem que oferecer resistência aos esforços verticais e horizontais atingindo as satisfações de durabilidade necessárias (SENÇO, 2007).

Segundo Bernucci (2006, p.9) os pavimentos são classificados basicamente em 2 tipos, rígidos e flexíveis havendo uma variação do rígido para semi-rígido, formando assim a classificação em três tipos: rígidos, semi-rígidos e flexíveis.

No objeto de estudo será observada a camada superior apenas dos pavimentos flexíveis, que no Brasil, na sua grande maioria, é composta pela composição chamada CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente).

De acordo com a (CNT, 2009) o aumento significativo no fluxo de transportes de passageiros e de cargas, e levando em consideração que no Brasil o modal rodoviário é mais utilizado na matriz de transportes, começa a evidenciar-se sobrecargas de fluxo nas malhas rodoviárias existentes, o que tem provocado desgastes prematuros das malhas, bem como aumento nos acidentes de trânsito e elevados custos de transporte. O aumento da demanda sobre a infraestrutura deu-se devido ao exponencial crescimento da frota de veículos em um curto espaço de tempo.

Devido a um território nacional vasto e a uma malha rodoviária extensa a sua inspeção/fiscalização demanda de um grande corpo técnico para realização da mesma. A utilização de ferramentas tecnológicas atualmente disponíveis, como os VANT's/RPA's, tem desempenhado um papel importante no cenário atual tornando possível inspecionar, fiscalizar e projetar no ambiente proposto com maior índice de eficácia, baixo custo e um elevado grau no que se diz respeito a tomada de decisões. Sendo o rodoviário o principal modal de transporte do país, torna-se relevante afirmar que o pleno desenvolvimento do país está pautado na sua capacidade de infraestrutura de transporte bem como na manutenção, inspeção, fiscalização e segurança da supracitada.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo do trabalho é utilizar VANT's/RPA's como ferramenta de auxílio para inspeção de malhas rodoviárias federais.

1.1.1 Objetivo Específico

Os objetivos específicos são:

- Incrementar a inspeção das malhas rodoviárias federais;
- Possibilitar maior grau assertivo de identificação de patologias;
- Reduzir/minimizar custos operacionais e os riscos de acidentes automobilísticos por má conservação rodoviária;
- Auxiliar no planejamento de projetos e manutenção das malhas rodoviárias.

1.2 JUSTIFICATIVA

Tendo em vista o aumento significativo no fluxo de transportes de passageiros e de cargas, e levando em consideração que no Brasil o modal rodoviário é mais utilizado na matriz de transportes, começam a evidenciar-se sobrecargas de fluxo nas malhas rodoviárias existentes, o que tem provocado desgastes prematuros das malhas, bem como aumento nos acidentes de trânsito e elevados custos de transporte.

Ademais, o aumento de demanda sobre a infraestrutura deu-se devido ao exponencial crescimento da frota de veículos em um curto espaço de tempo. Devido a um território nacional vasto e a uma malha rodoviária extensa a sua inspeção/fiscalização, demanda de um grande corpo técnico para realização da mesma.

A utilização de ferramentas tecnológicas atualmente disponíveis, como os VANT's/RPA's, tem desempenhado um papel importante no cenário atual tornando possível inspecionar, fiscalizar e projetar no ambiente proposto com maior índice de eficácia, baixo custo e um elevado grau no que se diz respeito a tomada de decisões.

Sendo o rodoviário o principal modal de transporte do país, torna-se relevante afirmar que o pleno desenvolvimento do país está pautado na sua capacidade de infraestrutura de transporte bem como na manutenção, inspeção, fiscalização e segurança da supracitada.

Desde 1995 a CNT (Confederação Nacional de Transportes), ciente da importância do sistema rodoviário do país, realiza pesquisas com o intuito de avaliar a qualidade, as principais deficiências e pontos críticos existente. No Brasil, o modal rodoviário ocupa aproximadamente 61% da movimentação de mercadorias e 95% da de passageiros e possui uma malha rodoviária de 1.720.700 km (um milhão, setecentos e vinte mil e setecentos quilômetros) sendo apenas 12,4% em rodovias pavimentadas variando entre federais, estaduais, transitórias, estaduais e municipais (CNT, 2019).

Segundo a CNT (Confederação Nacional de Transportes), no período de 2009 à 2019 houve um aumento de 80,8% da frota do país sendo em 2009 um total de 56.769.656 (cinquenta e seis milhões, setecentos e sessenta e nove mil, seiscentos e cinquenta e seis) veículos de diversas categorias, quanto em 2019 este número passou para 102.666.444 (cento e dois milhões, seiscentos e sessenta e seis mil, quatrocentos e quarenta e quatro) veículos, sendo de 2012 a 2015 o maior pico de aumento devido a adoção de políticas de incentivo de consumo como a redução do Imposto sobre Produto Industrializado (IPI) para compra de veículos. Em contrapartida, não houve uma política de expansão e/ou adequação da infraestrutura de transporte que suprissem a demanda (CNT, 2019).

A administração da malha rodoviária federal é realizada em grande parte pelo DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes), uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Infraestrutura. O principal objetivo do DNIT é a implementação da política de infraestrutura de transportes terrestres e aquaviários tornando-se parcela importante na contribuição para desenvolvimento do país. Os recursos para execução das obras são providos pela união, tornando-o um órgão gestor executor, sob a jurisdição do Ministério da Infraestrutura, das vias navegáveis, ferrovias e rodovias federais, instalação de vias de transbordo e de interface intermodal e instalações portuárias fluviais e lacustres.

Atualmente, 12,8% da malha rodoviária federal são administrados por meio de concessões reguladas pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), autarquia também vinculada ao Ministério da Infraestrutura.

A Agência Reguladora tem por finalidade regular, supervisionar e fiscalizar as atividades de prestação de serviços e de exploração da infraestrutura de transportes, exercidas por terceiros, visando garantir a movimentação de pessoas e bens, harmonizar os interesses dos usuários com os das empresas concessionárias, permissionárias, autorizadas e arrendatárias, e de entidades delegadas, preservar o interesse público, arbitrar conflitos de interesses e impedir situações que configurem competição imperfeita ou infração contra a ordem econômica.

O investimento público em obras de manutenção, duplicação, adequação e construção de rodovias totalizou R\$ 7,5 bilhões em 2018. Tais investimentos visam ampliar a capacidade de tráfego, ordenar o trânsito das rodovias nos perímetros urbanos e garantir condições permanentes de segurança e conforto na circulação de veículos e usuários. Deste total investido, R\$ 4,2 bilhões referem-se à manutenção da malha federal administrada pelo DNIT.

Tecnologia em evidência, os VANT's (Veículos Aéreos não Tripulados), conhecidos genericamente por Drones tornou-se objeto de interesse das mais diversas áreas de conhecimento consequentemente promovendo um avanço tecnológico sofisticado e amplamente explorado. Do inglês, denominado como Unmanned Aerial Vehicles/System (UAV/UAS) são definidos como aeronaves projetadas para operar sem piloto a bordo ou autonomamente, e que não tenha caráter recreativo (ANAC, 2017).

No início do seu surgimento, os VANT's foram destinados para fins militares, no entanto, seu uso tem se tornado cada vez mais atraente em aplicações governamentais e comerciais devido ao enorme potencial de monitoramento e inspeção (PURI, 2005).

Os aumentos consideráveis se dar pelo crescimento exponencial das nano tecnologias, bem como os grandes avanços nos setores de processamento de imagens e o surgimento de novas tecnologias relacionadas à Internet das Coisas e BigData.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Segundo Bernucci, (2010, p.11) [...] o pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança.

Em suma, os pavimentos são divididos entre rígidos e flexíveis construídos por uma mistura basicamente de agregados e ligantes asfálticos.

2.2 TIPOS DE PAVIMENTOS

De acordo com Bernucci, (2006, p.09), a classificação dos pavimentos basicamente são dois tipos, mas para indicar o tipo de revestimento houve o acréscimo de um terceiro, que é a mistura dos dois primeiros, tornando-se assim três tipos: pavimento rígido, pavimento semi-rígido e pavimento flexível.

- **Rígido:** São os pavimentos constituídos basicamente por uma placa de concreto. Seu revestimento é muito rígido em relação as camadas inferiores, com isso absorve mais as tensões devido a carga de roda dos veículos.
- **Semi-rígido:** São os pavimentos constituídos por materiais betuminosos e também camadas de materiais com ligantes hidráulico. Essa mistura reduz consideravelmente seu conjunto de deformabilidade.
- **Flexível:** São os pavimentos constituídos por misturas asfálticas e agregados. Possui camada distinta que distribui as tensões recebidas uniformemente devido a sua elasticidade.

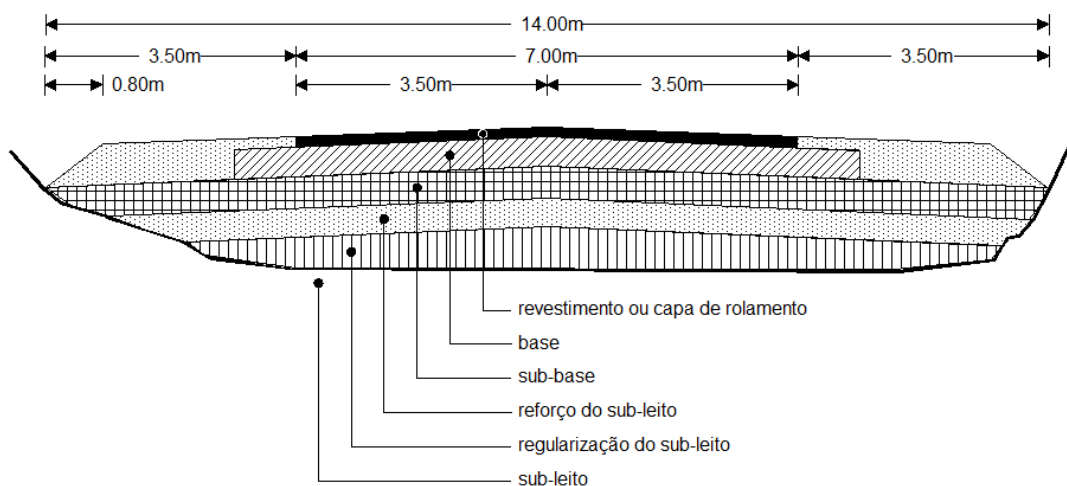
2.2.1 Pavimentos Flexíveis

Conforme Bernucci, (2006, p.337) usualmente os pavimentos flexíveis são correlacionados ao asfalto, sobretudo o seu revestimento apoia-se sobre uma camada de

base, outra de sub-base, e por fim uma de reforço do subleito, esta, apoiada sobre o subleito conforme demonstrado na Figura 1.

- Base: Camada da pavimentação destinada a resistir aos esforços verticais oriundos dos 20 veículos, distribuindo-os adequadamente à camada subjacente, executada sobre a sub-base, subleito ou reforço do subleito devidamente regularizado e compactado. (DNIT-ES 141, 2010, p. 2)
- Sub-base: camada de pavimentação, complementar à base e com as mesmas funções desta, executada sobre o subleito devidamente compactado e regularizado`. (DNIT-ES 139, 2010, p.2)
- Reforço do subleito: camada estabilizada granulometricamente, executada sobre o subleito devidamente compactado e regularizado, utilizada quando se torna necessário. (DNIT-ES 138, 2010, p.2)
- Sub-leito: É o terreno de fundação onde será apoiado todo o pavimento. Deve ser considerado e estudado até as profundidades em que atuam significativamente as cargas impostas pelo tráfego (de 0,60 a 1,50 m de profundidade). (MARQUES, (2006, p.6)

Figura 1 - Seção transversal do pavimento flexível.



Fonte: Senço, (2007)

2.3 PATOLOGIA DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Tipos de degradação dos pavimentos segundo Fontes (2009), durante a vida dos pavimentos flexíveis os aparecimentos de degradações contribuem para a perda de sua qualidade. Assim, a velocidade de deterioração de um pavimento varia sobretudo em função dos seguintes fatores:

- Condições ambientais;
- Capacidade de suporte do pavimento e do subleito;
- Qualidade dos materiais utilizados e do processo construtivo;
- Volume de tráfego;
- Carga por eixo de veículos pesados.

No Brasil, o documento que define os termos técnicos relativos à classificação das degradações que ocorrem nos pavimentos flexíveis e que é utilizado também para padronizar a linguagem adotada na elaboração das normas, manuais, projetos e textos relativos aos pavimentos flexíveis, é a Norma DNIT – TER 005 (2003),

Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos – Terminologia. Esta norma possui anexos, com o quadro resumo das degradações, sua codificação e classificação, a representação das degradações e ilustrações fotográficas das mesmas.

Atualmente, as principais patologias que ocorrem nos pavimentos brasileiros são o fendilhamento por fadiga e afundamentos plásticos (DNIT, 2006). Abaixo serão citadas as patologias de acordo com a Norma DNIT – TER 005 (2003).

2.3.1 Fendas

A fenda se traduz como qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, que conduza as aberturas de menor ou maior porte, apresentando-se sob as formas de fissura ou de trinca (DNIT,2003).

a) Fissura;

A fissura é classificada como a fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível à vista desarmada de uma distância inferior a 1,50 m (DNIT,2003)

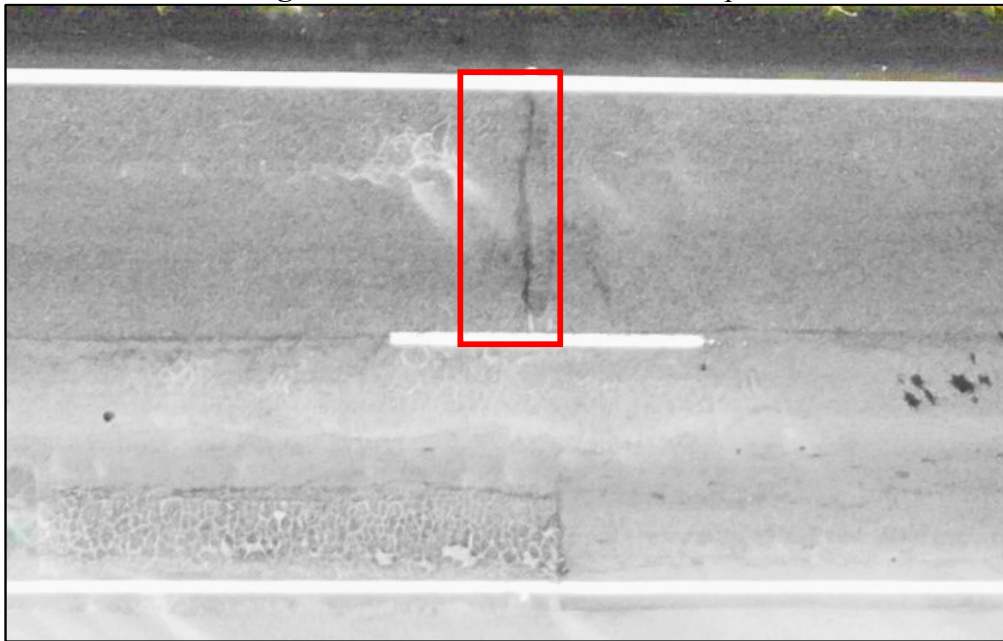
b) Trinca;

Fenda existente no revestimento, facilmente visível a vista desarmada, com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada (DNIT,2003)

c) Trinca isolada;

- Trinca transversal: trinca isolada que apresenta direção predominantemente ortogonal ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 100 cm é denominada trinca transversal curta. Quando a extensão for superior a 100 cm denomina-se trinca transversal longa.

Figura 2 - Trinca transversal br-230/pb.



Fonte: O Autor, (2019).

- Trinca longitudinal: trinca isolada que apresenta direção predominantemente paralela ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 100 cm é denominada trinca longitudinal curta. Quando a extensão for superior a 100 cm denomina-se trinca longitudinal longa.

Figura 3 - Trinca longitudinal br-230/pb.



Fonte: O Autor, (2019).

- Trinca de retração: Trinca isolada não atribuída aos fenômenos de fadiga e sim aos fenômenos de retração térmica ou do material do revestimento ou do material de base rígida ou semi-rígida subjacentes ao revestimento trincado.
- d) Trinca interligada;
- Trinca tipo “Couro de Jacaré”: Conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré. Essas trincas podem apresentar, ou não, erosão acentuada nas bordas.
 - Trinca tipo “Bloco”: Conjunto de trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos, podendo, ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas.

Figura 4 - Trincas em bloco e couro de jacaré br-230/pb.



Fonte: O Autor, (2019).

2.3.2 Afundamento

Trata-se da deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de solevamento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação.

a) Afundamento plástico;

Afundamento causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de solevamento. Quando ocorre em extensão de até 6m é denominado afundamento plástico local; quando a extensão for superior a 6m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento plástico da trilha de roda (DNIT, 2006).

b) Afundamento de consolidação;

Afundamento de consolidação é causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito sem estar acompanhado de solevamento. Quando ocorre em extensão de até 6 m é denominado afundamento de

consolidação local; quando a extensão for superior a 6m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento de consolidação da trilha de roda (DNIT, 2003).

2.3.3 Ondulação ou Corrugação

Deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento (DNIT, 2003).

2.3.4 Escorregamento

Deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua (DNIT, 2003).

Figura 5 - Trincas em bloco e couro de jacaré br-230/pb.



Fonte: O Autor, (2019).

2.3.5 Esxudação

Excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento (DNIT, 2003).

2.3.6 Desgaste

Efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego (DNIT, 2003).

2.3.7 Panela ou Buraco

Cavidade que se forma no revestimento por diversas causas (inclusive por falta de aderência entre camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas), podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas (DNIT, 2003).

Figura 6 - Panela ou buraco br-412/pb.



Fonte: O Autor, (2019).

2.3.8 Remendo

Panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimento na operação denominada de “tapa-buraco” (DNIT, 2003).

Figura 7 - Remendo br-230/pb.



Fonte: O Autor, (2019).

- a) Remendo profundo;
Aquele em que há substituição do revestimento e, eventualmente, de uma ou mais camadas inferiores do pavimento. Usualmente, apresenta forma retangular (DNIT, 2003).

- b) Remendo superficial;
Correção, em área localizada, da superfície do revestimento, pela aplicação de uma camada betuminosa (DNIT, 2003).

2.4 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO PAVIMENTOS

A avaliação da qualidade dos pavimentos rodoviários compreende um conjunto de atividades com o objetivo de conhecer o estado do pavimento e baseia-se na definição de critérios objetivos quanto à análise da interação entre o estado do pavimento e a respectiva capacidade estrutural da estrada. Esta avaliação é realizada mediante procedimentos padronizados (normas técnicas, catálogos ou manuais) de medidas e observações, de modo a quantificar o estado funcional e estrutural do pavimento (FONTES, 2009).

A avaliação do estado (nível de degradação) do pavimento é possível através do conhecimento de parâmetros como fendilhamento, deformações permanentes, irregularidade

longitudinal, deflexão, solicitação de tráfego e aderência entre o pneu e o pavimento (FONTES, 2009).

Quadro 1 - Classificação para fendas.

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Jacaré"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3

Fonte: DNIT, (2018)

As trincas isoladas apresentam direções ortogonais ou transversais ao eixo da via e possuem a seguinte classificação:

- FC-1: são trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0 mm;
- FC-2: são trincas com abertura superior a 1,0 mm e sem erosão nos bordos;
- FC-3: são trincas com abertura superior a 1,0 mm e com erosão nos bordos.

O fendilhamento devido aos fenômenos de fadiga resulta dos efeitos cumulativos do carregamento sucessivo, que em sua fase final é caracterizado pelas trincas "couro de jacaré". A trinca tipo "couro de jacaré" é o conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré. Essas trincas podem apresentar, ou não, erosão acentuada nos bordos (FONTES, 2009).

2.5 MALHAS RODOVIÁRIAS FEDERAIS

Atualmente, o sistema de malhas rodoviárias do Brasil é o principal modal de transportes de mercadorias e de passageiros, sendo assim, de suma importância para o

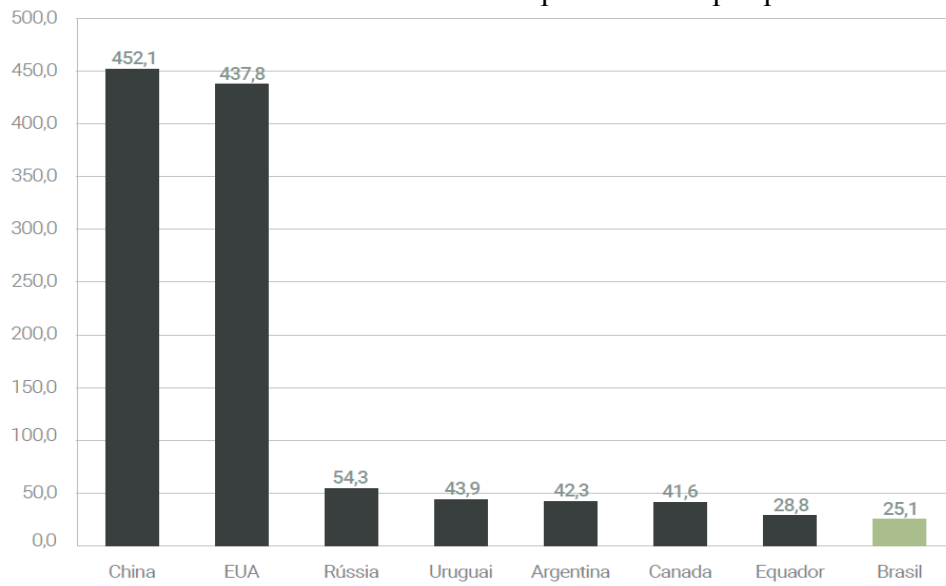
desenvolvimento econômico do país e para garantia de direitos fundamentais dos seus cidadãos. Em consonância com o desenvolvimento econômico ocorrido no país nas últimas décadas, ocorreu paralelamente o aumento da frota de veículos de diversas categorias no país, seja para transportes de passageiros, seja para transporte de cargas.

Em decorrência do surgimento de veículos que apresentam uma elevada carga de peso por eixo, e não obstante, o aumento considerável dos veículos de passeio nas rodovias culminaram no desgaste precoce dos pavimentos existentes no país.

Concomitantemente, o baixo investimento ou até mesmo a inexistência dos mesmos em infraestrutura de transportes, contribuiu significativamente para que houvesse degradação do ativo, provocando o decaimento na qualidade das rodovias, aumento significativo de acidentes automobilísticos, encarecimento dos fretes, altos índices de emissivos poluentes, além do retardamento em avanço de pesquisas que visam o melhoramento, aprimoramento e implementação de novas técnicas de implantação/manutenção/conservação das rodovias federais e rodovias adjacentes.

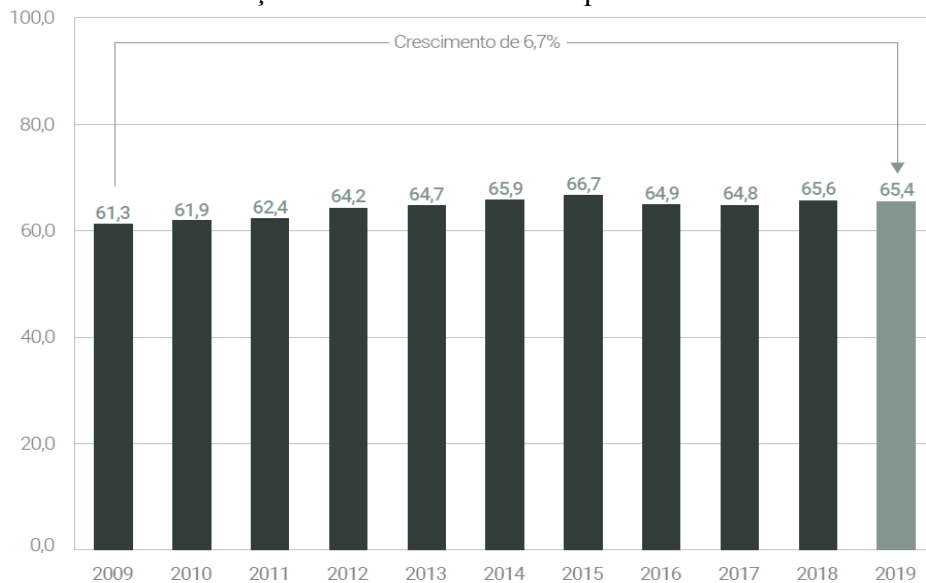
Em vista disso, a proposição de implementação de novos métodos para inspeção nasce juntamente com os avanços tecnológicos disponíveis atualmente, visando o cumprimento de princípios básicos da qualidade da prestação de bens e serviços aos quais, podem garantir, melhor eficiência e eficácia do nosso modal de transporte rodoviário e de todas as variáveis que o envolve.

Sabendo-se que dos 1.720.700 km de rodovias existentes no país apenas 12,4%, aproximadamente 213.453 km, são rodovias pavimentadas, fator que lança o Brasil em um panorama negativo quando se diz respeito a países que possuem extensão territorial semelhante a do Brasil. Dados elaborados pela (CNT, 2019), a partir de The World Factbook e SNV de 2018, comparava a inferioridade do Brasil com relação à China, que possui extensão territorial semelhante a do Brasil e possui uma densidade de malha de 452,1 km/1000 km², enquanto o Brasil apresenta 25,1 km/1000 km², reforçando o fator baixo investimento na matriz de transportes em estudo. Dados demonstrados no Gráfico 1.

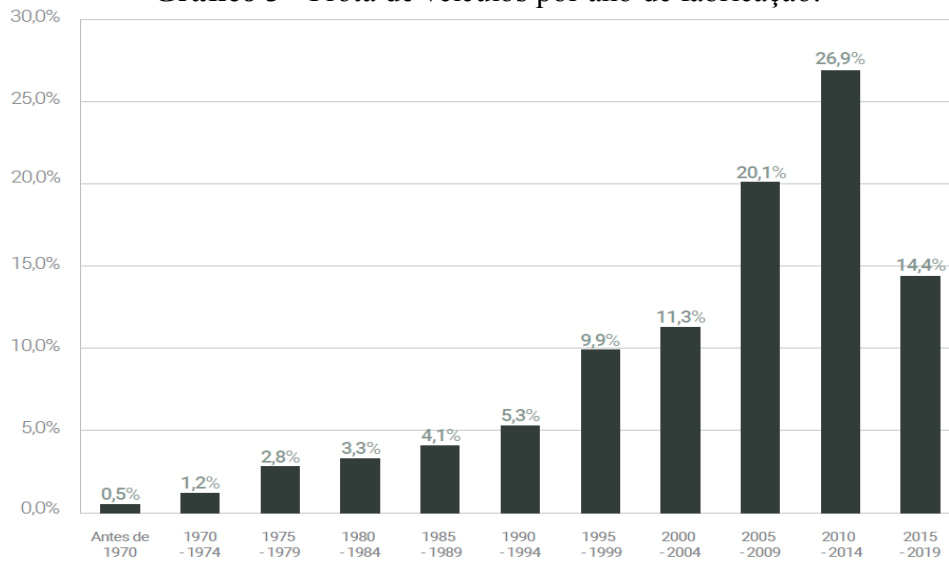
Gráfico 1 - Malha rodoviária pavimentada por país.

Fonte: CNT, 2019 a partir de The World Factbook e SNV de 2018

Ainda de acordo com a CNT, a evolução da extensão das rodovias federais pavimentadas no Brasil demonstrou um crescimento de apenas 6,7% no período de dez anos, destacado entre 2009 - 2019. Enquanto isso, estima-se um crescimento de aproximadamente 41,3% da frota de veículos no país no mesmo período. O Gráfico 2 e o Gráfico 3 demonstram tais crescimentos.

Gráfico 2 - Evolução das rodovias federais pavimentadas – 2009/2019.

Fonte: CNT, 2019 a partir de The World Factbook e SNV de 2018

Gráfico 3 - Frota de veículos por ano de fabricação.

Fonte: CNT, 2019 a partir de The World Factbook e SNV de 2018.

É notório que há uma disparidade exorbitante no que diz respeito sobre a malha rodoviária existente e o fluxo de automóveis de diversas categorias que trafegam sobre a malha. Portanto, no seu relatório anual a CNT (2019, p. 17) diz que o fator que contribui para a deterioração desse ativo é a sobrecarga com a qual alguns veículos circulam. Os projetos para a construção das rodovias devem levar em consideração as características dos veículos que circularão por ela. Com isso, a ocorrência de sobrecarga gera danos adicionais, não previstos, que reforça o que já foi dito por Fontes (2009).

2.5.1 Estado geral das rodovias Federais

Os dados das rodovias foram gerados a partir da coleta de dados da pesquisa e baseado em normas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. As principais normas foram:

- Norma DNIT nº. 006/2003 - TER, define os termos técnicos empregados em defeitos que ocorrem nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos e serve para padronizar a linguagem adotada na elaboração das normas, manuais, projetos e textos relativos aos pavimentos flexíveis e semi-rígidos.
- Norma DNIT nº. 009/2003 - PRO, fixa as condições exigíveis na avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos pelo processo de Levantamento Visual Contínuo determinando-se o ICPF – Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis, ao

mesmo tempo em que proporciona também os elementos necessários para o cálculo do IGGE – Índice de Gravidade Global Expedito e do IES – Índice do Estado de Superfície do Pavimento.

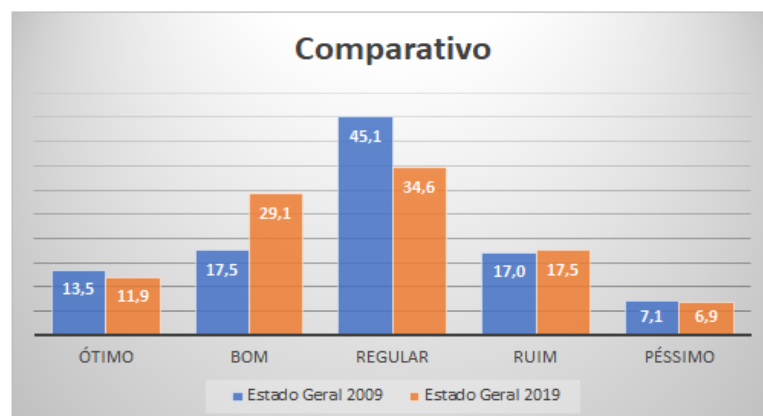
- Norma DNIT nº 009/2003 - PRO, fixa os procedimentos que devem ser adotados para a avaliações subjetivas quanto ao conforto e à suavidade de rolamento proporcionado pela superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Descreve as condições gerais e específicas para a avaliação, o processo para preenchimento da ficha de avaliação e o cálculo para a determinação quantitativa e qualitativa do valor da serventia atual da superfície do pavimento.

Os dados da pesquisa são computados de acordo com a “presença” ou “predominância” da variável, conforme as normas citadas e de outras referências técnicas.

No ano de 2019 foram avaliados um total de 108.863 quilômetros de rodovias aos quais 59% apresentaram algum tipo de problema. Neste caso, foi levado em consideração as variáveis: pavimento, sinalização e geometria da via (CNT,2019).

Gráfico 4 - Quadro geral das rodovias pavimentadas – 2009/2019.

Classificação do Estado Geral 2009			Classificação do Estado Geral 2019		
ESTADO GERAL	EXTENSÃO TOTAL		ESTADO GERAL	EXTENSÃO TOTAL	
	KM	%		KM	%
Ótimo	12.053	13,5	Ótimo	12.951	11,9
Bom	15.660	17,5	Bom	31.714	29,1
Regular	40.335	45,1	Regular	37.628	34,6
Ruim	15.150	17,0	Ruim	19.039	17,5
Péssimo	6.354	7,1	Péssimo	7.531	6,9
TOTAL	89.552	100	TOTAL	108.863	100



Fonte: Adaptado de CNT, (2009/2019).

As tabelas e o gráfico comparativo reforçam a teoria de que os investimentos em infraestrutura de transportes estão abaixo do necessário. Mesmo havendo um pequeno aumento em sua extensão total, houve oscilação negativa entre os parâmetros, o que também pode ter

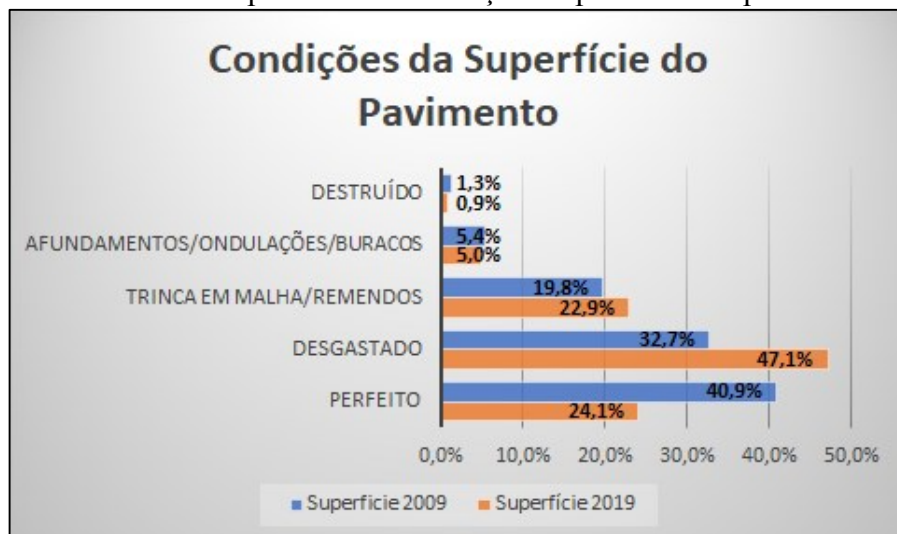
sido causado pelo grande aumento da frota de veículos do país. De qualquer forma, fica claro que o estado geral das rodovias é insatisfatório.

2.5.2 Condições da superfície do pavimento

A mesma análise foi feita a respeito das condições da superfície do pavimento, sendo feita um comparativo de dados no período decorrente de dez anos entre 2009-2019. No ano de 2009 houve uma predominância de 40,9% de situação ideal da superfície da pista de rolamento, ou seja, situação perfeita.

Em 2019 o mesmo fato não ocorreu. A pesquisa mostrou que houve um forte declínio na porcentagem da superfície dos pavimentos classificadas como perfeitas (24,1%) e um considerável aumento nas superfícies desgastadas (47,1%). O Gráfico 5 faz o comparativo das variáveis analisadas.

Gráfico 5 - Comparativo das condições superficiais do pavimento.



Fonte: Adaptado, CNT (2009/2019)

Em 2019, 52,4% das rodovias avaliadas apresentaram algum tipo de problema no pavimento, sendo classificadas como Regular, Ruim ou Péssimo. Dessa forma, 59,0% das rodovias pesquisadas no país foram consideradas inadequadas, segundo o Modelo CNT de Classificação.

2.6 PLATAFORMA AÉREA VANT'S/RPAS

Segundo o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), em definição presente no documento oficial intitulado de ICA100-40/2015, uma aeronave é:

Qualquer aparelho que possa sustentar-se na atmosfera a partir de reações do ar que não sejam as reações do ar contra a superfície da terra. Aquelas que se pretenda operar sem piloto a bordo são chamadas de aeronaves não tripuladas e, dentre as não tripuladas, aquelas que são pilotadas por meio de uma Estação de Pilotagem Remota (RPS) são Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA).

O Sistema Aéreo Não Tripulado (UAS) ou Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) dispõe de uma estação de controle para operação humana, podendo ser equipado com vários sensores, tais como, câmeras, infravermelho, radar, GPS ou outros dispositivos de comunicação especializado, e próprio adequado a cada tipo de aeronave. Dentre as vantagens do uso dos VANTs tem-se a capacidade de transferência de dados em tempo real entre a aeronave e a estação de controle, além de realizar voos mais rápidos, seguros e com um baixo custo quando comparado a aeronaves tripuladas (MELO, 2015).

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) comenta que VANT ou drone, palavra inglesa que significa "zangão", na tradução literal para a língua portuguesa, como comumente é chamado, é uma aeronave projetada para operar sem o comando de um piloto a bordo que tenha uma carga útil embarcada e que não seja utilizada para fins meramente recreativos. Compreende como carga útil qualquer equipamento que não seja necessária para o drone voar, por exemplo, uma câmera.

Esses equipamentos são geralmente utilizados de forma consorciada a sensores mais leves e que possibilitam a sobreposição de imagens, gerando conseqüentemente ortomapas com qualidade de resolução superior e a mesma cobertura em sobrevoos se comparados a sensores maiores. De forma não menos importantes, a sua leveza e instabilidade no ar mostram-se como limitações que implicam em resultados menos precisos para orientação dos sensores (EINSEBEISS, 2009).

2.6.1 Classificação dos vant's/rpa's

Com uma variedade de formas, tamanhos, configurações e características, os VANTs podem operar basicamente de duas formas, uma delas a partir de um local remoto e outra de

forma autônoma, por meio de voos programados. Na maioria dos casos os softwares de programação e controle de voo permitem que os controladores alternem entre controles manuais e autônomos, ou seja, pode haver a troca de controle durante a missão (PEGORARO, 2013).

Silva (2013) relata que na ausência de normas internacionalmente aceitas, cada país, desenvolve suas próprias regras para classificar os VANT's em diversas categorias. Uma classificação bastante difundida, definida pela UVS International (Associação Internacional de VANT's), combina variáveis como alcance, altura de voo, autonomia em horas e peso para agrupar os VANT's em categorias como:

- Mini - baixa altitude e autonomia, para sistemas com alcance menor que 10 km e autonomia inferior a 2 horas;
- MRE (Medium Range Endurance), para alcance acima de 500 km e autonomia de 10 a 18 horas;
- MALE (Medium Altitude Long Endurance), com altitude de 5/8.000 m e autonomia de 24 a 48 horas; e
- HALE (High Altitude Long Endurance), para sistemas com altitude de 20.000 metros e autonomia de 24 a 48 horas.

No Brasil, segundo Faria e Costa (2015), haja vista que os debates sobre os drones ainda se encontram em fase embrionária, inexistindo, portanto, doutrina consistente que sustente qualquer tipo de classificação, convencionou-se destacar a classificação apresentada pela Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea (EsaCosAAe), que assim o classifica:

- a) Alcance Aproximado (CR – Close Range): apresenta como principal característica seu pequeno raio de ação de aproximadamente 30 km e uma autonomia de voo de uma a seis horas. Suas missões mais comuns são: reconhecimento diurno e noturno, vigilância, guerra eletrônica e detecção de agentes químicos;
- b) Curto Alcance (SR – Short Range): apresenta alcance de no mínimo 100 km e no máximo 300 km, trata-se de equipamentos de utilização de nível tático. Possui autonomia para oito a doze horas de voo e possibilidade de condução de sensores mais sofisticados. São utilizados principalmente para missões de alcance aproximado, tarefas de Comando e Controle, busca de alvos e avaliação tática de danos;

- c) Médio Alcance (MAE – Medium Altitude Endurance): possui um raio de ação aproximado de 700 km e autonomia de voo de cerca de doze horas, além da possibilidade de sensores que transmitem em tempo real as informações coletadas, estes VANT têm condições de realizar reconhecimentos profundos, ampliando a capacidade de um grupo de aeronaves atacantes; e
- d) Grande Autonomia (HAE – High Altitude Endurance): estas aeronaves não tripuladas possuem capacidade de realizar incursões de cunho estratégico a grandes distâncias e utilizando um teto de voo elevado. Para tanto, necessitam de um considerável raio de ação e podem conduzir desde sensores altamente sofisticados como armamentos inteligentes.

2.6.2 Aplicações e Vantagens dos Vant's

A ininterrupta evolução das plataformas VANT's tem possibilitado a utilização desta tecnologia em diversas aplicações, tais como: agricultura e pecuária, vigilância e controle de tráfego, monitoramento de situações de emergência, como incêndios e desastres naturais, campanhas publicitárias, mercado imobiliário, além dos diferentes domínios da engenharia civil a qual dar-se-á maior ênfase devido a ser parte do objeto de estudo o envolvimento com malhas rodoviárias federais. Tal potencial de uso está diretamente relacionado ao baixo custo, à alta mobilidade, à segurança oferecida e à velocidade de aquisição e transferência de dados, como imagens e vídeos (MORGENTHAL; HALLERMANN, 2014; KIM; IRIZARRY, 2015). Além disso, o VANT pode ser utilizado em situações em que uma inspeção tripulada não seja possível ou até mesmo a inspeção *in loco* também não possa ser realizada (MORGENTHAL; HALLERMANN, 2014).

Na engenharia civil, os estudos são recentes, tendo como destaque: as áreas de infraestrutura de transportes, para monitoramento e manutenção de pavimentos, rodovias (ZHANG, 2008; THEMISTOCLEOUS, 2014); inspeção e monitoramento de pontes (METNI; HAMEL, 2007; MORGENTHAL; HALLERMANN, 2014).

Para Júnior (2015), o VANT tem se mostrado uma excelente ferramenta de obtenção de imagens com resoluções melhores, a baixo custo e alta resolução temporal. Essas características têm popularizado seu uso, principalmente para atualização e confecção de mapas, em áreas afastadas ou próximas onde o uso da fotogrametria convencional torna a execução do trabalho economicamente inviável. Sua utilização vem ganhando mercado em razão da sua agilidade na

tomada de imagens e no processamento destas, gerando resultados em tempo real. Se comparado a outros sensores disponíveis, os VANTs se destacam devido à sua resolução espacial, liberdade ao operador do equipamento para a obtenção de imagens em diferentes momentos, facilidade no desenvolvimento de planos de voos, além da grande possibilidade de se estruturar uma base com imagens multi temporais (BRAZ, 2015). Diante da necessidade de se monitorar áreas e realizar mapeamentos em grande escala, a aplicação de VANT vem se despontando no mercado de mapeamentos digitais, e trazendo características, como ganho na resolução espacial e temporal (ALONÇO, 2005).

2.7 LEGISLAÇÃO, REGULAMENTAÇÃO VIGENTE NO BRASIL

No Brasil, as atividades de aviação comercial são reguladas e monitoradas pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Segundo a ANAC (2015), os critérios exigidos para a operação legal do VANT variam de acordo com a classificação das aeronaves, baseado em seu Peso Máximo de Decolagem (PMD) e com os tipos de operação (remotamente pilotada ou autônoma), de acordo com o propósito (experimental, comercial e corporativa) e os critérios visuais (linha de visada visual e além da linha de visada visual).

Devido ao surgimento de diversos novos equipamentos e categorias no Brasil, a ANAC editou em maio de 2017 um regulamento especial com regras gerais para o uso de aeronaves não tripuladas para uso civil. O regulamento estabelece requisitos mínimos para operações com aeronaves do tipo VANT. A regulamentação incorpora tanto as aeronaves de uso profissional (RPA/RPAS), quanto as de uso recreativo intituladas de aeromodelo.

A normativa da ANAC também separou os VANT's por classes, ponto importante pois determina as restrições que cada classe possui. Além disso, também fica determinado que a distância mínima de uma aeronave para pessoas que não estão envolvidos na operação ou não anuentes, não pode ser inferior a 30 metros. Para anuentes e respeitando os 30 metros o voo pode ser autorizado ainda que atenda todos os requisitos das normativas: da ANAC, RBAC-E 94, do DECEA, ICA 100-40, ICA 100-12, ICA - 100-17.

O Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC-E nº94), que dita os requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil, em vigência desde de maio de 2017, classificou os VANT's em três classes:

- Classe 1: RPA com peso máximo de decolagem maior que 150 kg;
- Classe 2: RPA com peso máximo de decolagem maior que 25 kg e menor ou igual a 150 kg; e
- Classe 3: RPA com peso máximo de decolagem menor ou igual a 25 kg.

Em suma, o regulamento da ANAC para aeronaves não tripuladas tem por finalidade estabelecer as condições necessárias para a operação de aeronaves não tripuladas de forma segura e em consonância com as regulamentações de outros entes da administração pública como a Agência Nacional de Telecomunicação - ANATEL, o Departamento de Controle do Espaço Aéreo - DECEA e o Ministério da Defesa, bem como as legislações esferas civis, administrativas e penal que podem incidir sobre o uso de aeronave não tripulada (ANAC, RBCA-E, 2017).

2.8 CONTROLE DA QUALIDADE TOTAL

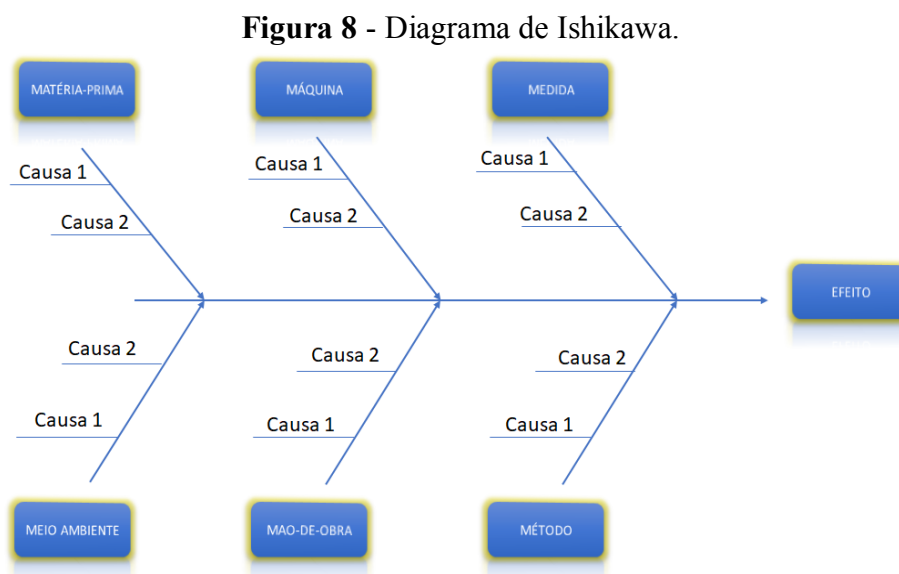
Campos (1992) diz que o Controle da Qualidade Total é um sistema administrativo introduzido no Japão após a Segunda Guerra Mundial advindo de ideias americanas ali introduzidas e que se baseia na participação de todos os setores organizacionais no controle da qualidade.

De acordo com os conceitos de Controle da Qualidade Total, hoje as organizações necessitam:

- produzir e fornecer produtos satisfatórios;
- identificar problemas críticos e solucioná-los prioritariamente;
- gerenciar todos os processos da organização;
- reduzir dispersões no meio do processo;
- prevenir problemas;
- eliminar problemas recorrentes do fluxo do processo;
- valorizar os recursos humanos;
- definir e executar as estratégias da organização;
- inspecionar minuciosamente os processos para que não haja não conformidade;
- garantir lucro contínuo pelo domínio da qualidade

2.8.1 Método de Controle de Processo

O controle de processo é um fator que está diretamente correlacionado a causa/efeito. Traz na sua essência que para cada ação existe uma reação, seja ela positiva ou não, para tudo ou algo que ocorreu em um meio foi influenciado por algo. Afim de identificar as causas e os feitos de um processo, os japoneses criaram o “diagrama de causa e efeito” ou “diagrama de Ishikawa” comumente conhecido por “espinha de peixe” (CAMPOS, 1992).



Fonte: Adaptado, CAMPOS (1992)

Portanto, de acordo com (Campos, 1992), [...] um processo é gerenciado através de seus itens de controle que medem a qualidade, custo, entrega, moral e segurança dos seus efeitos.

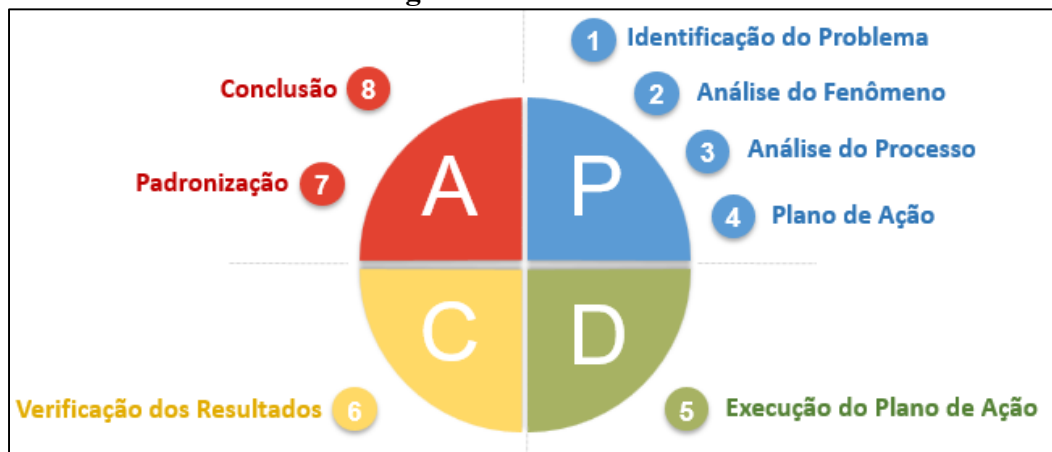
2.8.2 Ciclo PDCA na Manutenção e Melhoria

Segundo (CAMPOS, 1992, p.29), o ciclo PDCA, do inglês (PLAN, DO, CHECK, ACTION) é composto por quatro fases de controle que pode ser utilizado na melhoria de controle das diretrizes de um processo. O ciclo PDCA é utilizado quando há uma repetibilidade do processo que por sua vez é compreendido através de procedimentos padrões de operações. Neste caso, o PDCA na manutenção é o determinístico cumprimento do procedimento padrão da operação. As quatro fases do PDCA são definidas como:

- Planejamento (PLAN): consiste em estabelecer metas sobre os itens de controle e estabelecer a maneira para se atingir as metas propostas;
- Execução (DO): execução das tarefas exatamente como previstas no plano e coleta de dados para verificação do processo;
- Verificação (CHECK): verificar se os dados coletados alcançam a meta planejada;
- Atuação corretiva (ACTION): etapa onde é detectado os desvios e é feita as correções definitivas de modo que as mesmas não voltem a acontecer.

A Figura 9 representa a estrutura básica do ciclo que leva a execução das quatro fases e representa uma ferramenta da qualidade de melhoria continua.

Figura 9 - Ciclo PDCA.



Fonte: Voitto (2017)

No caso em estudo o PDCA é usado para o estabelecimento dos procedimentos padrões que garantam a execução da inspeção dos pavimentos asfálticos flexíveis a modo de garantir a obtenção de dados que influenciem diretamente na determinação da manutenção e melhorias necessárias das rodovias afim de oferecer a prestação de um serviço aos quais atinjam padrões de qualidade satisfatórios.

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento da dissertação se deu através da tipologia qualitativa descritiva indutiva que pautaram a metodologia inicialmente proposta no trabalho.

Sendo assim, segundo Silva & Menezes (2000, p.21):

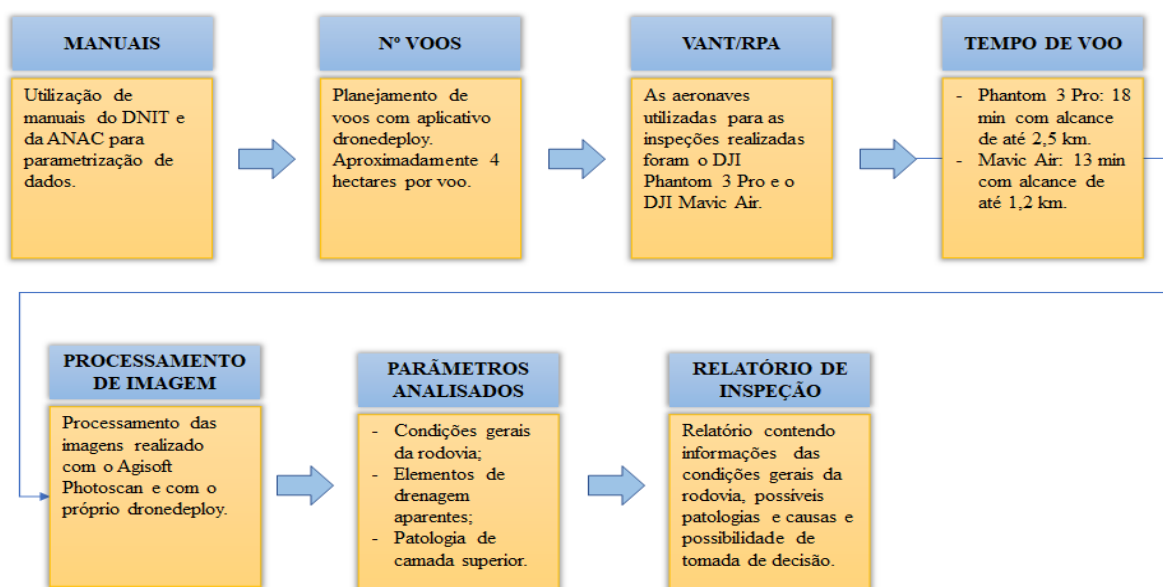
A pesquisa descritiva visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados: questionário e observação sistemática. Assume, em geral, a forma de levantamento.

A pesquisa caracteriza-se por qualitativa devido ao ambiente natural ser a fonte direta para coleta de dados sendo o pesquisador o elemento chave da pesquisa. As análises dos dados são feitas indutivamente tendo como foco principal o processo e seus significados. A interpretação e coleta dos dados são realizadas no próprio ambiente ao qual, de forma indutiva, levanta hipóteses das possíveis causas que evidenciam os fatos.

De acordo com Gil (2002):

A análise qualitativa depende de muitos fatores, tais como a natureza dos dados coletados, a extensão da amostra, os instrumentos de pesquisa e os pressupostos teóricos que nortearam a investigação. Pode-se, no entanto, definir esse processo como uma sequência de atividades, que envolve a redução dos dados, a categorização desses dados, sua interpretação e a redação do relatório.

Figura 10 - Sequência metodológica para construção de dados e relatório final.



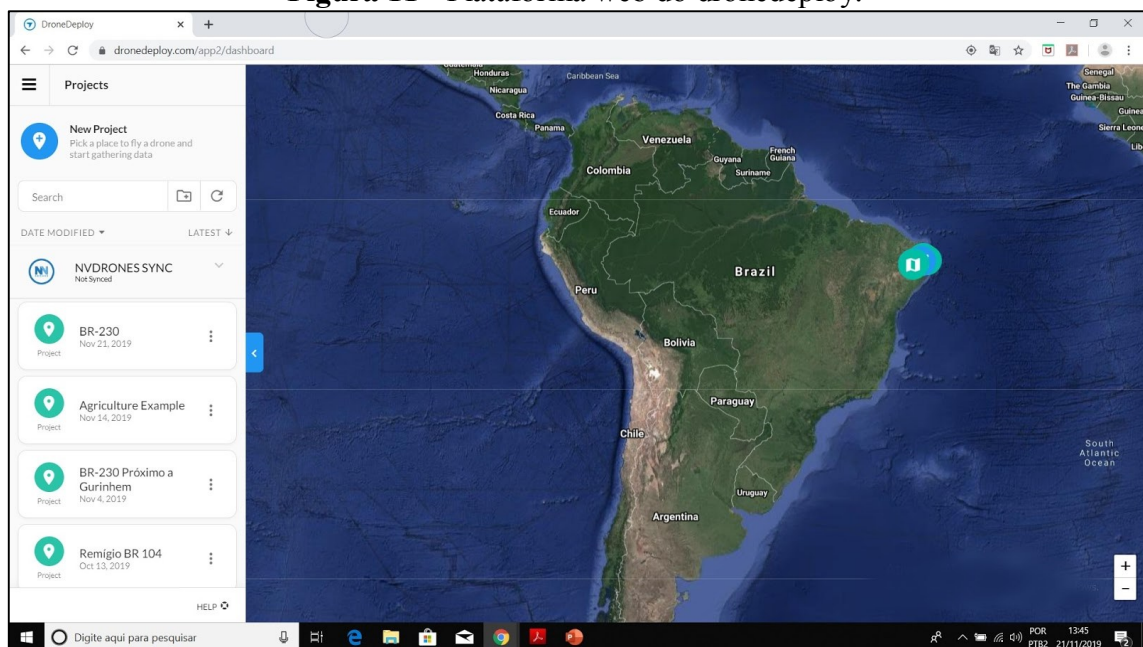
Fonte: O Autor (2019)

A pesquisa teve origem a partir da problemática evidenciada em grande parte da malha rodoviária existente no país. A partir das análises dos procedimentos de manutenção e conservação das rodovias, regulamentados e inspecionados pelo DNIT, com manuais disponíveis no sítio do site da própria autarquia e após consultar regulamento vigente para utilização de VANT's/RPA's redigido pela ANAC desenvolveu-se a metodologia necessária para inspeção de rodovias com a utilização de VANT's da categoria multirrotor com o intuito de otimizar processos operacionais como a redução do tempo de operação e seus custos, além disso, ressaltar as causas e os efeitos gerados por uma malha rodoviária defasada.

O primeiro passo, após as análises, foi a construção dos mapas de voo através da ferramenta DroneDeploy, aplicativo móvel disponível gratuitamente na própria plataforma DroneDeploy, que realiza a captura das imagens necessárias para construção dos mapas digitais. No próprio aplicativo estão disponíveis imagens via satélite que possibilitam a localização dos pontos a serem coletados como também personalização das configurações de voo desejadas pelo piloto.

A Figura 11 mostra a tela de configurações disponível no aplicativo e quais parâmetros podem ser utilizados.

Figura 11 - Plataforma web do dronedeploy.



Fonte: O Autor (2019)

Na tela do aplicativo são definidos parâmetros que são essenciais para obtenção de boas imagens, esses parâmetros são definidos como:

- **Altitude:** é basicamente a altitude em que será realizado o voo. A altitude do vôo tem influência direta na autonomia da aeronave e na quantidade e qualidade das imagens que serão capturadas;
- **Front Overlap:** é a taxa de sobreposição frontal das imagens. É recomendado que seja sempre de 70% acima para garantir um processamento mais confiável;
- **Side Overlap:** é a taxa de sobreposição lateral das imagens. É recomendado que seja utilizada ao 65% para um processamento mais confiável;
- **Flight Direction:** determina em que direção a aeronave realizará o voo e a captura das imagens. Esse parâmetro é definido em graus e varia de -180° a $+180^{\circ}$ e também influencia na quantidade de imagens capturadas e no tempo de voo.
- **Mapping Flight Speed:** define a velocidade de mapeamento. Obviamente também influencia na autonomia de voo e na qualidade do mapeamento. Esse parâmetro é limitado de acordo com o modelo do VANT;
- **Starting Waypoint:** determina o ponto de partida e de chegada da aeronave.

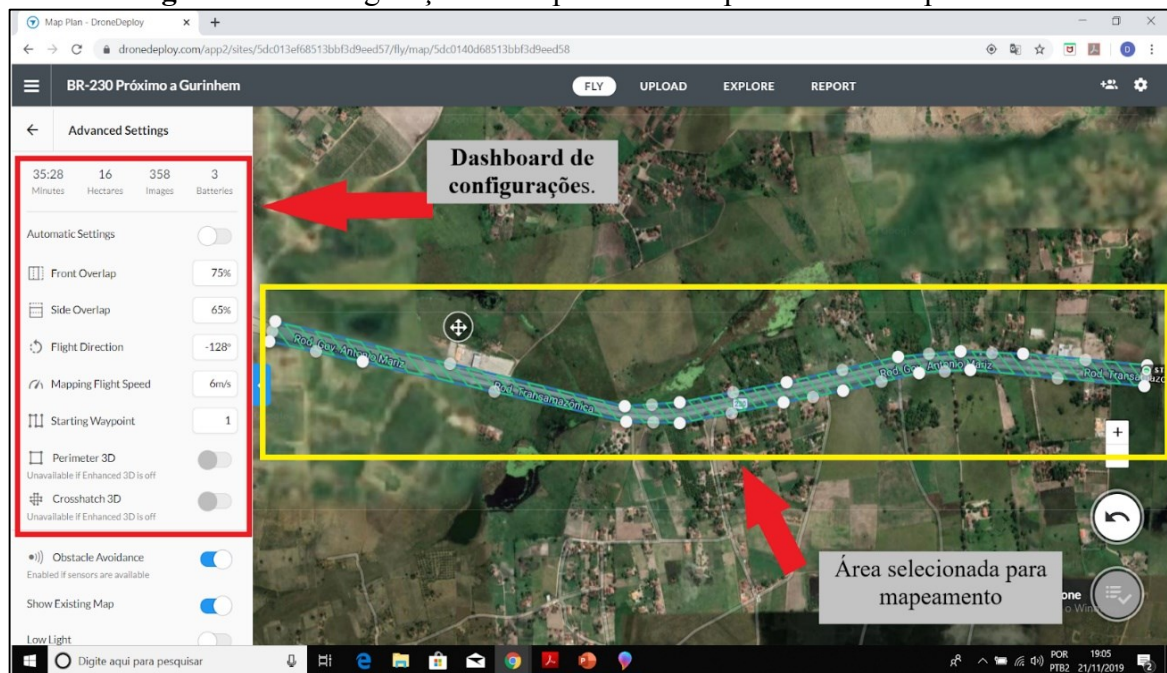
Foram descritos acima apenas pontos cruciais que são extremamente necessários para realização de qualquer tipo de mapeamento ao qual seja utilizado a ferramenta em questão, vale ressaltar que o aplicativo possui diversas opções de configurações e dispõe de outros aplicativos que trabalham em conjunto com o DroneDeploy e disponibiliza mais uma gama de possibilidades para realização de diversos mapeamentos. Como mostra a Figura 12, também é de total relevância o dashboard apresentado no aplicativo que determina o tempo de voo, a quantidade de imagens a serem capturadas e a autonomia de voo em quantidade de baterias a serem utilizadas. Evidentemente os cálculos são realizados levando em consideração as condições ótimas de voo.

No mapeamento realizado para o estudo em caso foram utilizados parâmetros de voo definidos após a realização de diversos voos testes aos quais obteve-se a melhor configuração levando em consideração os equipamentos disponíveis. Na Tabela 1 está descrita as configurações que mais se adequaram ao equipamento e a pesquisa realizada.

Tabela 1 - Parâmetros de configuração para voos com o vant mavic air pro.

DJI MAVIC AIR		ESTIMATIVA DO MAPEAMENTO	
Front Overlap	75%	Tempo de voo (min)	38:28
Side Overlap	65%	Área (ha)	16
Flight Direction	-128°	Número de imagens	358
Mapping Flight Speed	6 m/s	Baterias (und.)	3
Starting Waypoints	1		

Fonte: O Autor (2019)

Figura 12 - Configuração do mapeamento na plataforma do aplicativo.

Fonte: Plataforma DroneDeploy (2019)

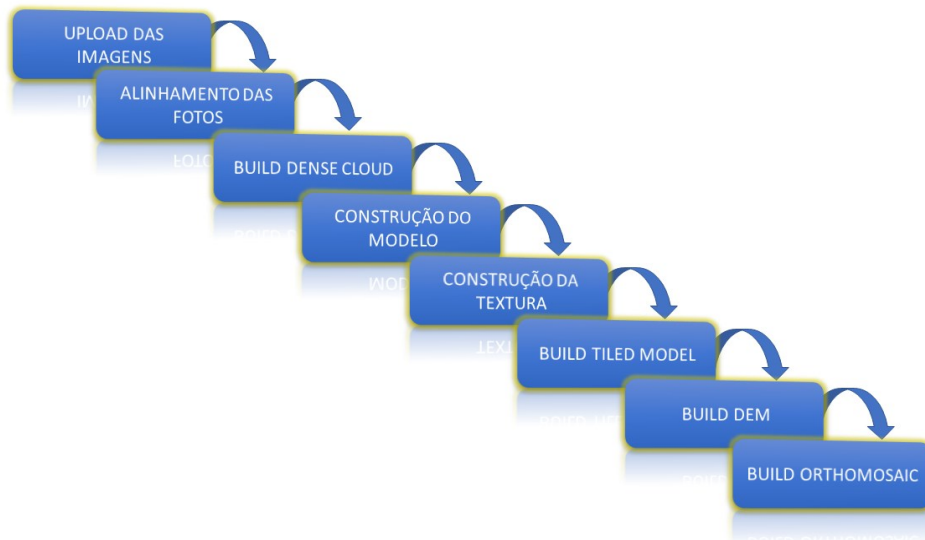
Após a configuração dos parâmetros é necessário que o piloto verifique as condições de voo a fim de realizar um mapeamento seguro e de qualidade. Tem que ser levado em consideração o nível de bateria do equipamento, calibração do gps, suas condições gerais. Dados meteorológicos e a velocidade do vento também são pontos relevantes. Não é aconselhável que o voo seja realizado em condições adversas como em dias de chuva, vento forte (no caso do DJI Mavic Air, acima de 15 nós) e/ou altitudes muito baixas. Para obtenção de maior qualidade das imagens, observou-se que os mapeamentos devem ocorrer preferencialmente nos períodos do dia que vão de 10h da manhã até as 14:30h da tarde tendo

em vista o melhor posicionamento da luz solar evitando que haja cobertura por sobre das vegetações locais.

O voo é executado após a conexão dos equipamentos e dos softwares necessários. A interação entre hardware e os softwares possibilitam, de forma satisfatória, a realização do mapeamento.

O próximo passo é o descarregamento das imagens no computador e o processamento das imagens em software adequado. O software utilizado foi o Agisoft PhotoScan versão trail válida por 30 dias. O prazo da versão ofereceu o tempo necessário para processamento das imagens, mas há softwares que oferecem versões educacionais não pagas e que realizam um fluxo sequencial de tarefas semelhantes ao do Agisoft PhotoScan. Após o upload das imagens no software, inicia-se uma sequência de tarefas que resultará em produto final denominado MDS (Modelo Digital de Superfície). A Figura 13 mostra o fluxo das tarefas em sequência realizadas no Agisoft PhotoScan.

Figura 13 - Fluxo de tarefas para criação de mds no agisoft photoscan.



Fonte: O Autor (2019)

A execução dos passos anteriores resulta no que denominamos de MDS (Modelo Digital de Superfície) que é utilizado para análise dos pavimentos. A metodologia descrita anteriormente é de suma importância para execução dos passos seguintes. As imagens processadas e geradas no PhotoScan possibilitarão a realização das análises pertinentes às reais condições dos pavimentos, seus elementos e afins, que por sua vez irá caracterizar a utilização da ferramenta como auxílio direto na inspeção, manutenção e conservação das malhas rodoviárias.

O passo seguinte é a análise das imagens geradas para identificação das condições da rodovia em análise, culminando no relatório final ao qual irá apontar as possíveis patologias da camada superior da estrutura dos pavimentos asfálticos denominada CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente), usualmente utilizado na construção de pavimentos asfálticos flexíveis, e também dos elementos de drenagem e sinalização horizontal que estejam visíveis nas imagens.

Nas imagens coletadas e processadas fica em destaque os elementos que são necessários para análises dos pavimentos. É possível fazer a identificação visual das possíveis patologias, condições gerais da rodovia e inclusive a realização de alguma manutenção realizada ou não no trecho mapeado. Na Figura 14, resultado do modelo proposto gerado, traz à tona a evidência dos fatos.

Figura 14 - Mds rodovia federal br-230/pb km 65.



Fonte: O Autor (2019)

Por fim, o MDS oferece o que foi proposto, possibilitando a análise da malha viária que ofereça condições favoráveis para realização da metodologia proposta, aumentando dessa forma, a capacidade da tomada de decisão, identificação dos desgastes prematuros, manutenção e conservação, relatórios fotográficos mais confiáveis.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO

Já ficou evidente que com o passar dos anos há um aumento significativo da frota de veículos nos países, independente da categoria, o que tem provocado um fluxo intenso de veículos circulando sobre a malha rodoviária. Houve também um aumento de capacidade de carga dos veículos pesados, o que deve ser levado em consideração, pois os mesmos são os que mais exercem sobrecarga no pavimento. Em contrapartida, os avanços em tecnologia e o fácil acesso a mesma tem possibilitado que diversos outros métodos possam ser desenvolvidos. Partindo desse pressuposto o método descrito foi desenvolvido e executado, trazendo resultados bastantes satisfatórios.

O equipamento utilizado, apesar das limitações apresentadas como autonomia e alcance máximo, desempenhou as funções a contento colaborando significativamente nos resultados finais.

O principal equipamento utilizado foi o VANT DJI Mavic Air, um RPA do tipo multi-rotor, que de acordo com o fabricante oferece as seguintes configurações apresentadas no manual do usuário vide resumo na Tabela 2:

Tabela 2 - Configuração do vant/rpa.

CONFIGURAÇÕES DO VANT DJI MAVIC AIR	
Peso	430g
Dimensões	168x184x64 mm
Velocidade máxima	4 m/s
Tempo máximo Voo	21 min (velocidade constante, 0 vento)
Teto máximo de voo	5000 m (acima do nível do mar)
Distância máxima de voo	10 km (0 vento)
GNSS	GPS/GLONASS
Precisão	+/- 0.1 m vertical/horizontal
Gimbal	Triaxial (inclinação, rotação, panorâmico)
Câmera	CMOS 12 megapixels 4k ultra HD
Armazenamento	8gb internos – expansível

Fonte: O Autor (2019)

Durante os voos realizados o MAVIC Air ficou estável conseguindo manter as qualidades das imagens, mas reduziu o seu tempo de voo em cerca de 35% devido a necessidade de estabilização no ar devido ao vento. Dessa forma identificou-se que os voos são mais duradouros nos momentos em que deslocamento de ar está mais ameno. Há também uma limitação de alcance máximo tanto horizontalmente quanto verticalmente. Devido as regulamentações vigentes no Brasil o próprio aplicativo de navegação do VANT limita a altitude máxima em 300 metros, fator ao qual não influencia no mapeamento realizado em questão pois o mesmo utiliza, nas suas configurações, a altitude de 60 metros afim de manter uma melhor qualidade na captura das imagens.

Constataram-se também problemas de interferência de ondas magnéticas e obstáculos reduzindo bastante a zona de alcance de comunicação com o rádio receptor mostrando, dessa forma, que há uma limitação de alcance em até 1200 metros do local de decolagem. A Figura 15 destaca o equipamento utilizado para realização do plano de voo.

Figura 15 - Dji mavic air.

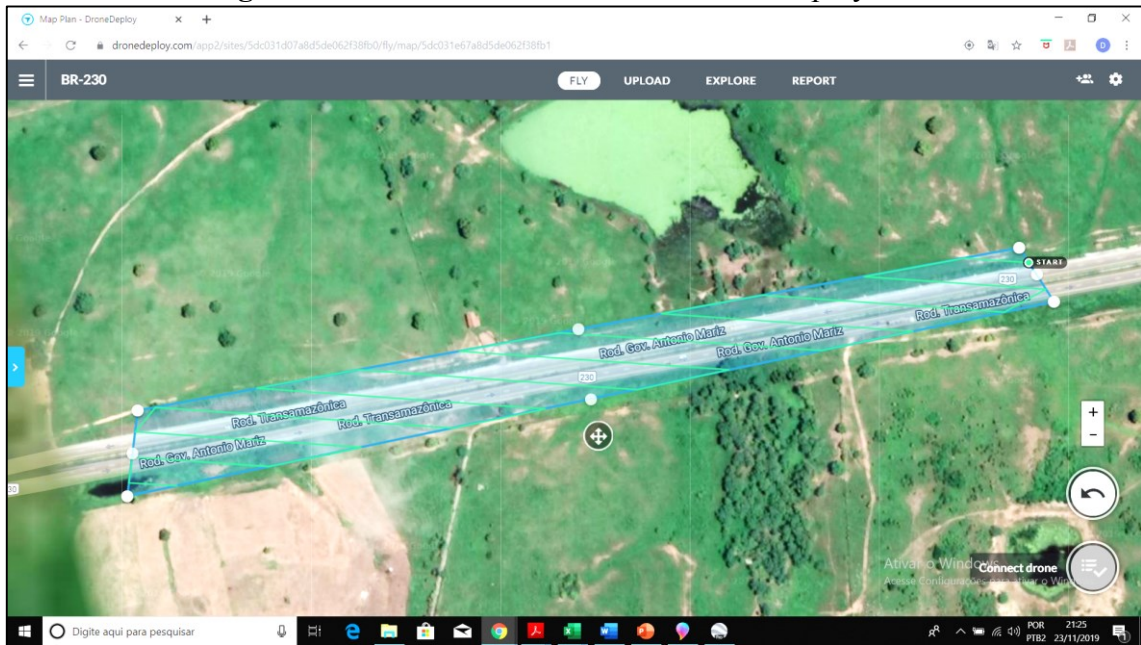


Fonte: O Autor (2019)

Como já descrito anteriormente na metodologia o plano de voo foi realizado na plataforma DroneDeploy disponível gratuitamente na web (www.dronedeploy.com) e nas lojas de aplicativos tanto para sistemas Android quanto para sistemas iOS. A plataforma também oferece a opção de processamento das imagens em nuvem, mas como a necessidade do projeto apresentava a utilização de ferramentas não disponíveis gratuitamente na plataforma, optou-se pelo processamento das imagens em outros softwares com a mesma finalidade. Outra limitação que a plataforma gratuita oferece é a impossibilidade do mapeamento linear, fator este que

aumentaria de forma considerável a autonomia do voo e a redução de tempo do mesmo. Como demonstra a Figura 16 o plano de voo tem que ser montado de forma concatenar.

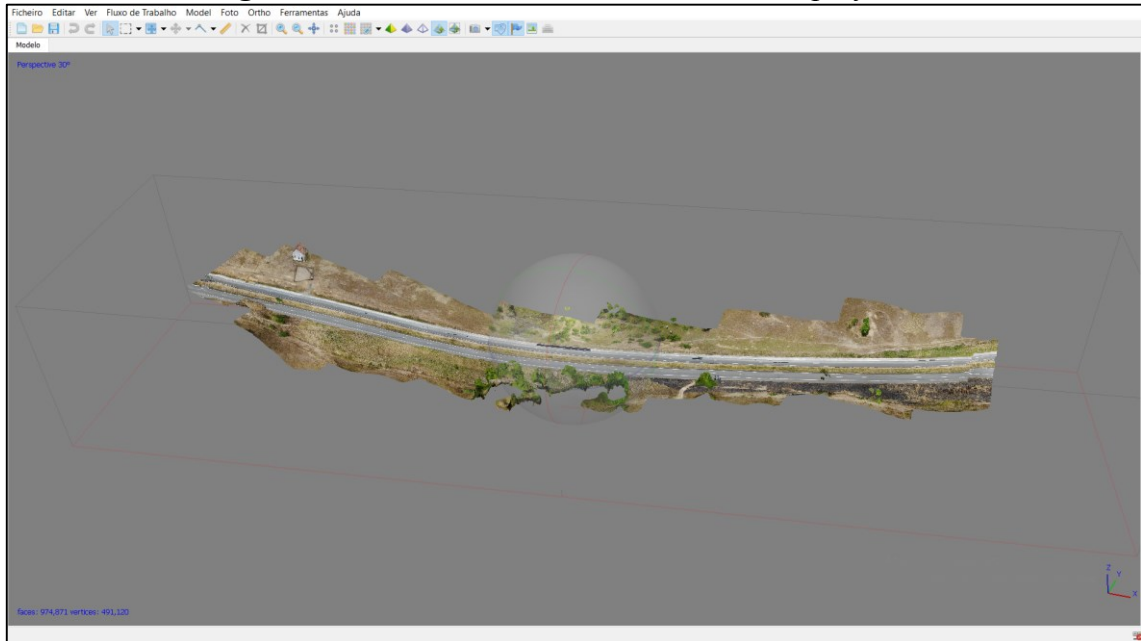
Figura 16 - Plano de voo realizado no dronedeploy web.



Fonte: O Autor (2019)

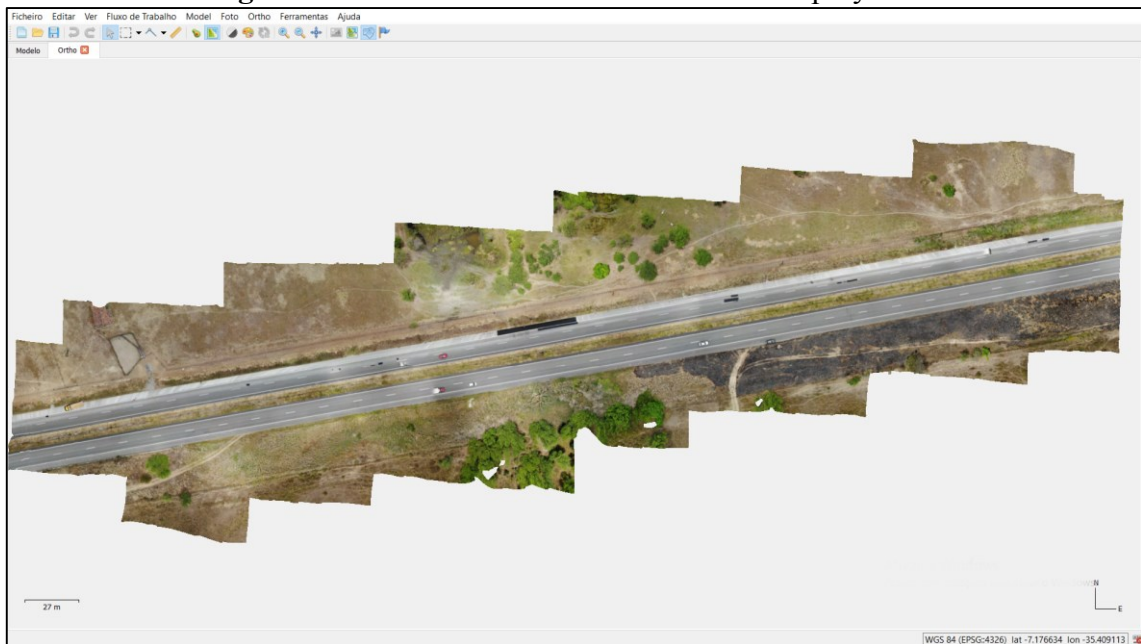
Os processamentos das imagens foram realizados no Agisoft PhotoScan e a sua metodologia já foi descrita anteriormente. O software oferece uma vasta opção de ferramentas que possibilitou a confecção de um Ortomosaico capaz de fornecer nitidez suficiente para as análises propostas pelo trabalho. Além do Ortomosaico foi possível a criação de outros materiais como o modelo em 3D e as curvas de nível do trecho analisado, sendo de maior interesse o Ortomosaico. A Figura 17 mostra o modelo em 3D gerado e a Figura 18 o Ortomosaico.

Figura 17 - Plano de voo realizado no dronedeploy web.



Fonte: O Autor (2019)

Figura 18 - Plano de voo realizado no dronedeploy web.

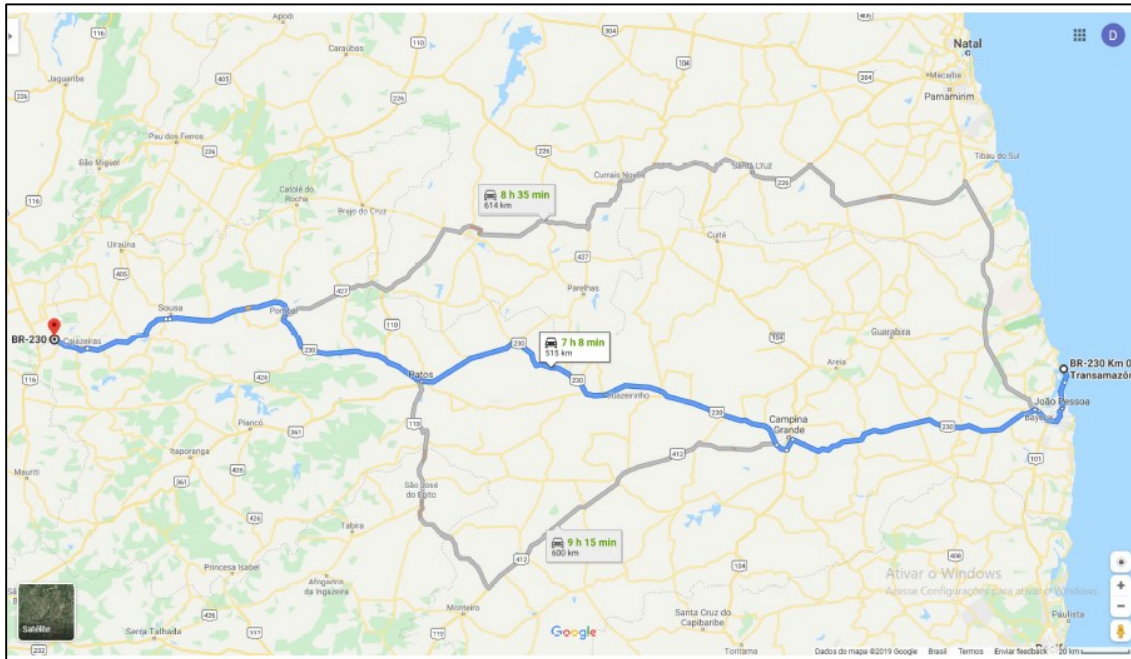


Fonte: O Autor (2019)

A escolha das rodovias levou em consideração o fato de serem rodovias com fluxo contínuo e que já apresentam degradação da superfície do pavimento. A BR-230/PB, conhecida como Transamazônica, tem o início (km 0) na cidade de Cabedelo-PB e é a principal via de ligação da faixa litorânea para as demais cidades do sertão paraibano fazendo divisa com o estado de Pernambuco, totalizando 516 km de extensão. De acordo com a Figura 19, sendo

parte da rodovia duplicada. A rodovia é a principal rota de escoamento do porto de Cabedelo-PB, cidade situada há poucos quilômetros da capital João Pessoa.

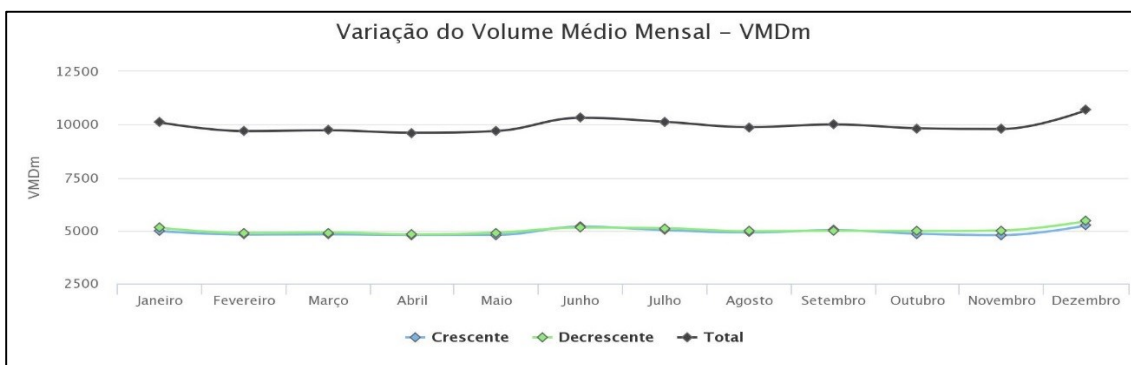
Figura 19 - Extensão br-230/pb.



Fonte: Google Earth, (2019)

O trecho mapeado da BR-230 situa-se entre os quilômetros 65 e 75 da rodovia e no total, segundo o Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT, 2018) do DNIT, cerca de 18.552 veículos trafegam em média por dia na BR-230/PB. No trecho mapeado o tráfego é de 9.949 veículos por dia, compreendendo esse trecho entre as cidades de Cabedelo/PB e Campina Grande/PB (DNIT, 2018). O Gráfico 6 demonstra a variação média mensal do tráfego.

Gráfico 6 - Variação de volume do fluxo – br-230/pb.



Fonte: PNCT DNIT, 2018

Os mapas gerados corroboram explicitamente com os dados fornecidos pelo órgão tendo em vista que ao longo do trecho inspecionado as amostras são suficientes para comprovar sobrecarga e falta de manutenção preventiva e/ou corretiva da superfície do pavimento (CBUQ). A Figura 20 mostra o mapeamento do trecho inspecionado que já apresenta uma patologia de remendo superficial no acostamento e na faixa direita indicando sobrecarga por excesso de peso, o que também pode ter causado escorregamento da borda.

Figura 20 - Parte do trecho mapeado - br-230/pb.



Fonte: O Autor, 2019

Na Figura 21 encontram-se patologias evidentes do desgaste do pavimento por sobrecargas e fluxo intenso. Trincas do tipo “couro de jacaré” aparecem em grande frequência em todo o trecho, o que reforça a questão da falta de manutenção preventiva. Melhor visualização disponível que deixa evidente a patologia destacada.

Figura 21 - Patologias - trincas br-230/pb.



Fonte: O Autor, 2019

Alguns trechos das rodovias mapeadas apresentam diversa patologias, dentre elas estão as do tipo: trincas longitudinais, trincas transversais, fissuras e desgastes em geral, inclusive resquícios de uma provável manutenção por remendo que também já está comprometida conforme demonstrado na Figura 22. Recorrentemente as causas mais prováveis são: as sobrecargas e falta de manutenção, além das variáveis climáticas.

Figura 22 - Patologia br-230/pb.



Fonte: O Autor, (2019).

Quo-seguinte ao trecho citado na figura anterior, a Figura 23 mostra uma total degradação do pavimento. Remendos de vários tipos já danificados, placas, trincas, escorregamento, afundamento de consolidação o que leva a conclusão de um possível comprometimento das estruturas mais profundas do pavimento e fortes indicativos de infiltração local. O trecho oferece altos riscos de acidente tendo em vista que é um trecho de fluxo intenso e de alta velocidade. No caso descrito o indicativo é a restauração, sendo assim a manutenção corretiva ou preventiva descartada, isso implica na elevação dos custos da rodovia. A imagem ampliada pode ser vista no Apêndice com as patologias mais evidentes.

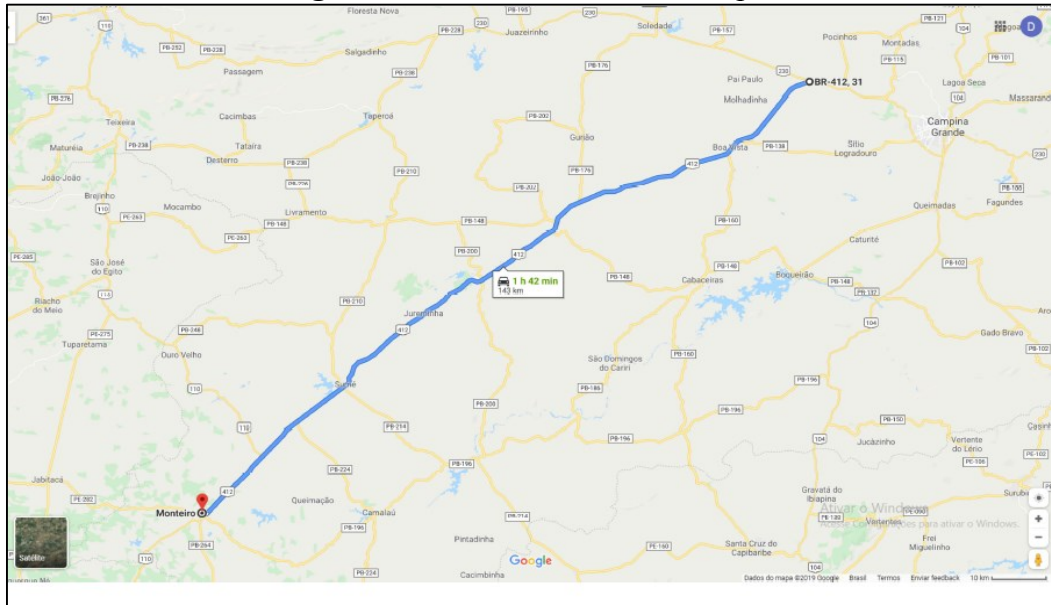
Figura 23 - Patologias br-230/pb.



Fonte: O Autor, (2019).

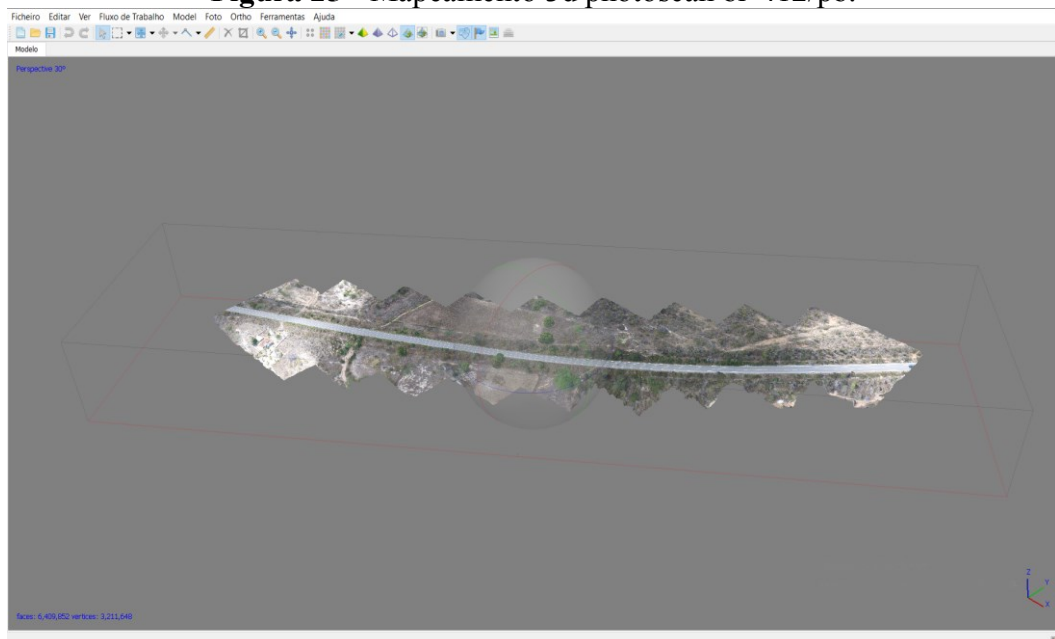
O trecho mapeado da rodovia BR-412 é menos extenso e apresenta, segundo o Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT, 2018) do DNIT, um fluxo de tráfego menos intenso do que o da BR-230, mas não menos importante. O trecho liga a BR-230/PB ao Cariri Ocidental Paraibano e também faz divisa com o estado de Pernambuco. Toda extensão do trecho é de pista simples e possui uma extensão de aproximadamente 140 km tendo como km 0 o entroncamento com a BR-230/PB. A Figura 24 mostra a sua extensão total. A Figura 25 mostra o processamento do mapeamento em 3D do trecho inspecionado e a Figura 26 o ortomosaico gerado.

Figura 24 - Extensão Total br-412/pb.



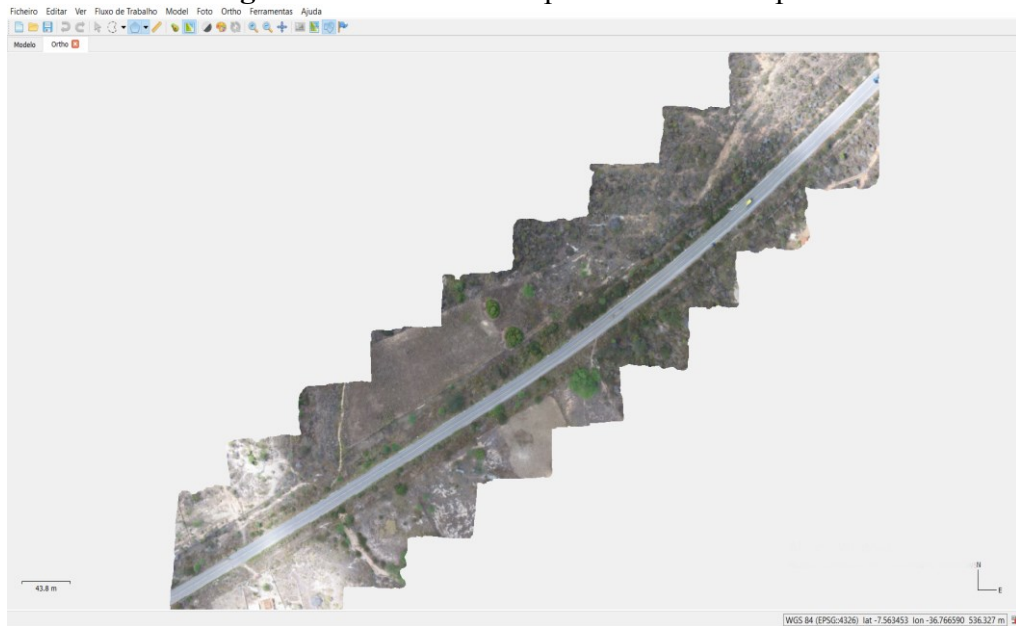
Fonte: Google Earth, 2019.

Figura 25 - Mapeamento 3d photoscan br-412/pb.



Fonte: O Autor, (2019)

Figura 26 - Ortomosaico photoscan br-412/pb.

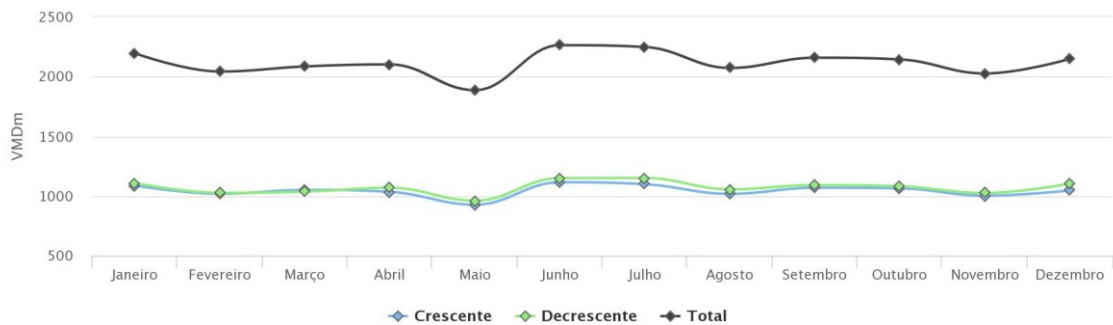


Fonte: O Autor, (2019)

Atualmente o tráfego da BR-412 é de 2114 de volume médio mensal como mostra o Gráfico 6 (DNIT, 2018).

Gráfico 7 - Variação de Volume do fluxo br-412/pb.

Variação do Volume Médio Mensal – VMDm



Fonte: PNCT, DNIT 2018

Rodovia de tráfego menor, mas não menos importante, a BR-412 também já vem dando sinais de fadiga. No decorrer dos anos de 2018/2019 a rodovia passou a apresentar fadigas na capa de cobertura dos pavimentos indicando necessidade de manutenção preventiva/corretiva. No Apêndice 3 é possível observar a faixa de trecho que foi mapeado ao longo da BR-412/PB.

A Figura 27 destaca uma panela que ocupa cerca de 90% de uma das faixas no sentido crescente da rodovia, além de evidenciar a falta de manutenção na rodovia, oferece alto risco de acidentes devido as manobras realizadas pelo condutor para “escapar” do buraco. Patologias

do tipo tem surgido ao longo da rodovia em pontos isolados, que já indicam falta de manutenções corretivas o que vai provocar o surgimento de novas avarias em um curto espaço de tempo. O pavimento já está indicando sinais de desgastes da camada superficial que podem estar atingindo as camadas secundarias, o que pode ser observado no Apêndice.

Figura 27 - Patologia do tipo panela – br-412/pb.



Fonte: O Autor, 2019.

E por fim, a Figura 29 também mostra buracos/panelas nos 2 sentidos da rodovia, tanto crescente quando decrescente. Patologias do tipo panela que podem ser causadas pela falta de aderência da camada do pavimento com as camadas superpostas, o que causa o deslocamento das camadas, podendo alcançar as camadas inferiores provocando a degradação do pavimento.

Figura 28 - Patologia do tipo panela - br-412/pb.



Fonte: O Autor, (2019).

As não conformidades se potencializaram após um período severo de chuvas na região, mas a falta de manutenção da rodovia tem provocado um aumento na ocorrência dos fatos. Vale salientar que em ambas as rodovias, além do aumento de fluxo, o problema para contratação de empresas para contratos de manutenção/conserva e também o baixo número de unidades de balança de fiscalização nas rodovias é uma outra problemática enfrentada pelas autarquias fiscalizadoras e administradoras das malhas.

Além das intempéries do tempo, as quais os pavimentos são submetidos, a mudança da configuração dos veículos pesados nos últimos anos pode ter uma contribuição maior da degradação dos pavimentos, tendo em vista uma possível má distribuição de cargas por eixos dos veículos, que por sua vez, causam danos severos aos pavimentos ao longo do tempo, diminuindo desta forma, o seu tempo de vida útil.

Ademais, há um déficit de balanças em toda malha rodoviária do país, fator que limita a fiscalização dos veículos pesados que na sua grande maioria trafegam acima do peso permitido. Outro fator contribuinte é o crescimento exponencial de toda frota de veículos no país e o baixo investimento em infraestrutura de transportes.

A proposição do trabalho é auxiliar na inspeção de rodovias afim de melhorar a qualidade dos dados obtidos, em um menor tempo e a um menor custo e com mais eficácia, tornando possível um melhor direcionamento de recursos bem como manutenções preventivas mais eficientes. Todo o objeto da pesquisa é um objeto de estudo que pode propor uma revisão nos moldes dos manuais de implantação, manutenção e conserva existentes, tendo em vista que

a grande maioria ainda é referente a décadas passadas, sabendo-se que na área privada e em outros países já há grandes avanços no que diz respeito a pavimentos rodoviários, é de suma importância o investimento em novas pesquisas de infraestrutura.

O modelo de proposição posterior é a utilização de visão computacional e inteligência artificial para identificações patológicas automaticamente, como também a utilização das mesmas para identificação das recorrências de certos tipos de veículos em trechos inspecionados, tornando possível um maior poder de tomada de decisão dos órgãos competentes e, além disso, fiscalização direcionada.

Ainda há a possibilidade de inspeção de outros elementos da rodovia aos quais não foram citados no trabalho, mas que são facilmente visíveis nos mapeamentos realizados, como alguns elementos de drenagem, faixa de domínio e algumas informações de sinalização horizontal, que podem se tornar elementos adicionais aos relatórios gerados. Mas, como não eram o objeto de estudo propriamente dito, não foram inclusos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho teve como objetivo a aplicação de uma metodologia para inspeção de malhas rodoviárias federais com o auxílio de VANT's, afim de inspecionar os trechos com maior eficiência, à um menor custo, em um menor tempo, reduzindo riscos e aumentando o grau de assertividade nos diagnósticos patológicos, além de melhorar as propostas de manutenção/conserva, restauração e implantação das rodovias.

O estudo demonstra que, de fato, o desgaste das malhas rodoviárias no geral tem sido um dos gargalos econômicos do país e que o aumento constante da frota de veículos tem provocado desgastes prematuros nos pavimentos, encarecimento dos transportes em geral, aumento no consumo de combustíveis fósseis e conseqüentemente o aumento de emissão de poluentes, além de que constatou-se que os investimentos em infraestrutura de transportes não estão a contento.

Mais alarmante ainda é identificar que de toda malha viária do país apenas 12,4% é pavimentada e que dessa porcentagem grande parte vem sofrendo degradação prematura por “n” fatores já descritos no trabalho.

Portanto, a utilização de VANTS como ferramenta de auxílio para inspeção das rodovias satisfatoriamente apresentou resultados positivos tonando assim o incremento do método uma questão relevante.

O MDS (Mapa Digital de Superfície) gerado pelo mapeamento, possibilita que haja uma melhor visualização aeroespacial do estado superficial dos elementos que compõem a rodovia, sendo neste trabalho, analisado pontualmente a camada superior do pavimento denominada CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente), um composto de agregado que após usinado e aplicado, forma a capa asfáltica.

As análises dos elementos podem indicar, de forma eficiente e eficaz, quais são os problemas mais evidentes da rodovia mapeada, o que possibilita uma tomada de decisão mais assertiva no que se diz respeito às questões de manutenções/conservação ou até mesmo elaboração de novos projetos de implantação das rodovias, por oferecer uma maior capacidade de identificação de problemas pontuais ou recorrentes dos trechos submetidos as análises.

Além disso, conclui-se que pode haver uma redução significativa do tempo de operação para identificação de todos os problemas, tendo em vista que, após o mapeamento as análises são feitas de forma mais segura e sem a interferência de meios externos, provocando dessa forma redução de riscos de acidentes de trabalho dos fiscais ou dos encarregados responsáveis pelo levantamento, além da redução do tempo.

O VANT utilizado no trabalho não é o mais adequado devido a sua baixa capacidade de autonomia e pouca flexibilidade para personalização de componentes mais robustos. Já foi constatado que a utilização de equipamentos do tipo asas fixas possuem uma autonomia bem maior além da possibilidade de utilização de outros componentes mais indicados para cada tipo de mapeamento e, além disso, possuem uma capacidade de alcance maior.

Há várias causas que estão gerando múltiplos efeitos que precisam ser analisados e resolvidos, já que grande parte da economia do país gira em torno do transporte, sendo o modal rodoviário o mais utilizado para o transporte, tanto de cargas, quanto de pessoas.

Novos estudos precisam ser iniciados afim de encontrar uma solução adequada para os problemas relatados, antes que o sistema entre em colapso. A frota de veículos não para de crescer, em contrapartida a infraestrutura de transporte não tem acompanhado o crescimento no mesmo ritmo.

Todo o estudo ainda se encontra em estágio incipiente de pesquisa, mas isso não o torna irrelevante, pelo contrário, há uma necessidade de investimento tecnológico e de treinamento de todas as esferas do âmbito rodoviário, para que se haja um maior conhecimento e integração a respeito do tema.

REFERÊNCIAS

- AGISOFT. **Software Agisoft PhotoScan**. 2014. . Acesso em: 20 de agosto 2019.
- ANGELOV, A. **Sense and avoid in UAS: research and applications**. First edition. United Kingdom: Wiley, 2012.
- BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 558 p.
- BERNUCCI, L.B.; MOTTA, L.M.G.; CERATTI, J.A.P.; SOARES, J.B. **Pavimentação Asfáltica Petrobrás**, Rio de Janeiro, 2007.
- BERNUCCI, L.B. et al. **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. 3. ed. Rio de Janeiro: PETROBRÁS: ABEBA, 2010.
- Brasil, 2002, “**Normas Operacionais do Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro**”. Ministério da Defesa. Comando de Defesa Aeroespacial Brasileiro.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. Rio de Janeiro. Bloch. 5ª ed. 1992.
- CNT – Confederação Nacional dos Transportes. **Pesquisa Rodoviária**. 2009.
- CNT – Confederação Nacional dos Transportes. **Pesquisa Rodoviária**. 2019.
- DECEA, **Departamento de Controle do Espaço Aéreo**. Disponível em: <https://www.decea.gov.br/>.
- DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. 2. Ed. Rio de Janeiro, 2006.
- DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, **Manual de Conservação Rodoviária**. 2. Ed. Rio de Janeiro, 2006.
- DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. DNIT 005/2003 – TER: **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia**. Rio de Janeiro, 2003.
- DNIT-ES 138/2010. **Pavimentação – reforço do subleito: especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2010.
- FERNANDES, C. M. C. **Regulamentação da Operação de Aeronave Remotamente Pilotadas no Brasil**. 2014. Apresentação em *Power Point*. Disponível em: <http://pt.slideshare.net/daneavanzi/vant-regularizacao-no-brasil-avanzi-aeronautica/>. Acesso em: 15 de setembro de 2019.
- PEGORARO, A. J. **Estudo do Potencial de um veículo aéreo não tripulado/quadroto, como plataforma na obtenção de dados cadastrais**. Tese de pós-graduação, Florianópolis, 2013.

PINTO, S.; PREUSSLER, E. **Pavimentação Rodoviária – Conceitos Fundamentais sobre Pavimentos Flexíveis**. Rio de Janeiro, 2ª ed. 269p. 2002.

MARQUES, G.L.O. **Notas de Aulas da Disciplina Pavimentação**. TRN 032,204f. Universidade Federal de Juiz de Fora Faculdade de Engenharia – Departamento de Transportes e Geotecnia.

MEDINA, Jacques; MOTTA, Laura. **Mecânica dos pavimentos**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2005.

INTO, Salomão; PREUSSLER, Ernesto. **Pavimentação Rodoviária: conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis**. 2ª ed. Rio de Janeiro. 2002.

SENÇO, W. **Manual de técnicas de pavimentação**. 2. Ed. São Paulo: PINI, 2007.

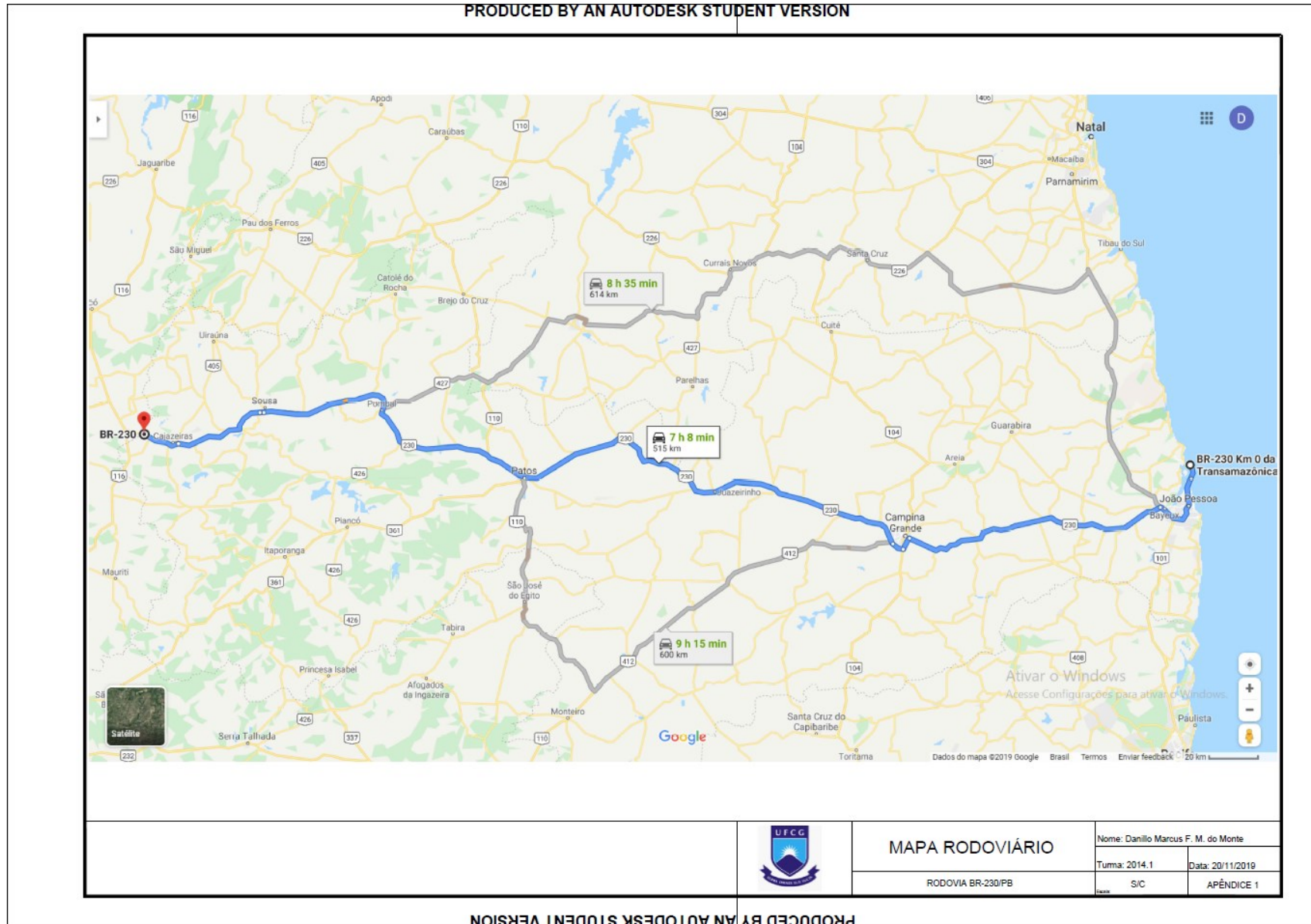
SILVA, Edna Lúcia da.; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: UFSC/ PPGEP/LED, 2000, 118 P.

SILVA, P. F. A. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2008. 128 p.

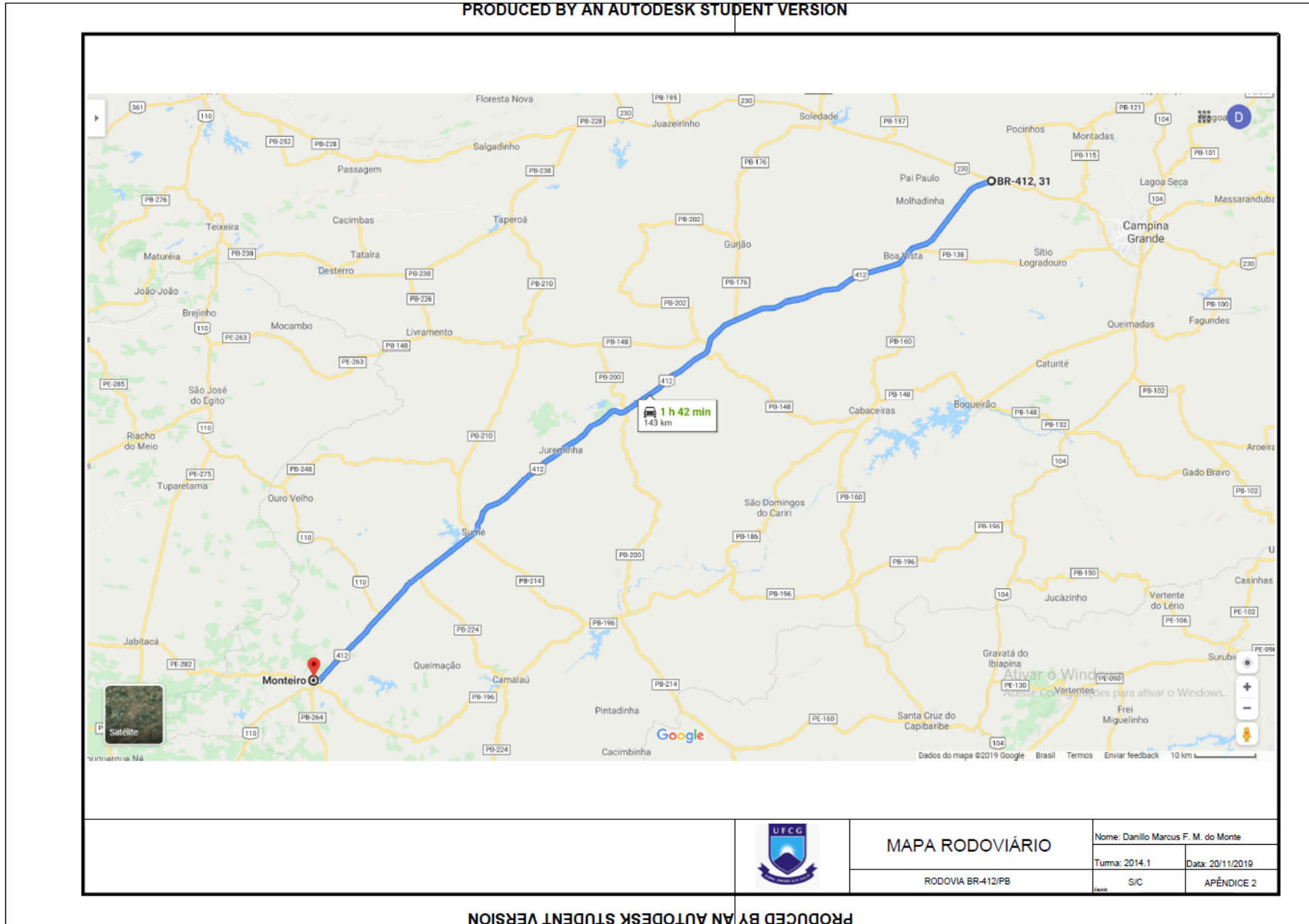
ZHANG, C. **Development of a UAV-based remote sensing system for unpaved road condition assessment**. *In*: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Annual Conference, Portland, Oregon, 2008.

APÊNDICE

MAPA RODOVIÁRIO BR-230/PB



MAPA RODOVIÁRIO BR-412/PB



MAPEAMENTO DO TRECHO DA BR-412/PB



PATOLOGIA DO TIPO PANELA (1) BR-412/PB

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



PATOLOGIA VISÍVEL
ENTRE O KM 85 E 95
DA BR-412/PB

Panela ou Buraco:

Patologia formada, supostamente,
por falta de aderência entre as
camadas do pavimento, desgaste
premature devido a sobre carga ou
por falta de manutenção preventiva.



MAPEAMENTO

Nome: Danilo Marcus F. M. do Monte

Turma: 2014.1

Data: 20/11/2019

RODOVIA BR-412/PB

Disciplina: S/C

APÊNDICE 4

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PATOLOGIA DO TIPO PANELA (2) BR-412/PB

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



PATOLOGIA VISÍVEL
ENTRE O KM 85 E 95
DA BR-412/PB

Panela ou Buraco:

Patologia formada, supostamente, por falta de aderência entre as camadas do pavimento, desgaste prematuro devido a sobre carga ou por falta de manutenção preventiva.



MAPEAMENTO

Nome: Danilo Marcus F. M. do Monte

Turma: 2014.1

Data: 20/11/2019

RODOVIA BR-412/PB

S/C

APÊNDICE 5

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

MAPEAMENTO DO TRECHO DA BR-230/PB

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

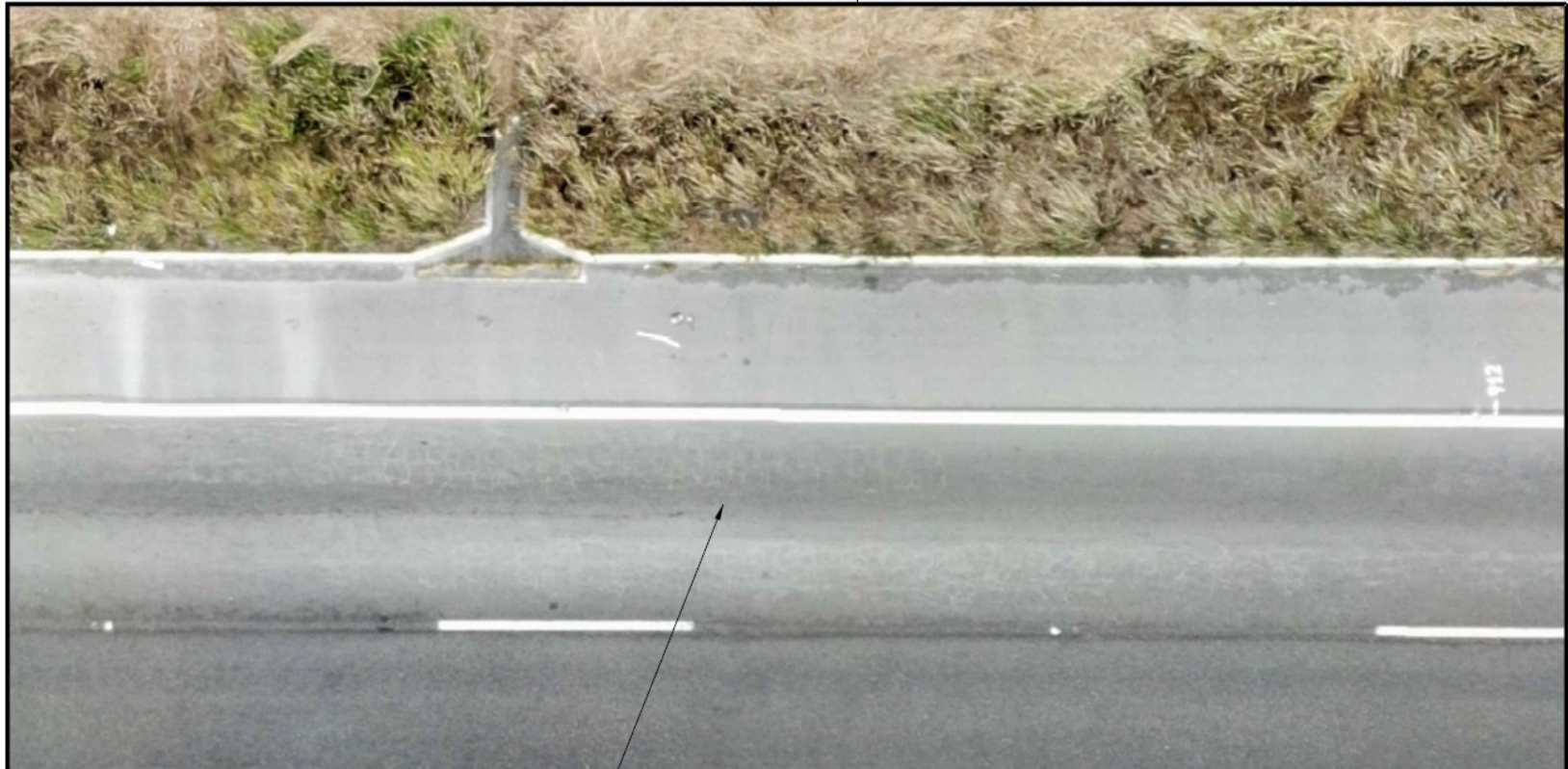


	MAPEAMENTO	Nome: Danilo Marcus F. M. do Monte	
		Turma: 2014.1	Data: 20/11/2019
RODOVIA BR-230/PB		SIC	APÊNDICE 6

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PATOLOGIA TRINCAS “COURO DE JACARÉ” BR-230/PB

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



PATOLOGIA VISÍVEL
ENTRE O KM 65 E 75
SENTIDO CRESCENTE
DA BR-230/PB

- Trincas interligadas do tipo "couro de jacaré": trincas interligadas sem direções preferenciais que se assemelham ao couro de jacaré.
- Escorregamento: deslocamento do revestimento em relação a camada subjacente do pavimento



MAPEAMENTO

RODOVIA BR-230/PB

Nome: Danilo Marcus F. M. do Monte

Turma: 2014.1

Data: 20/11/2019

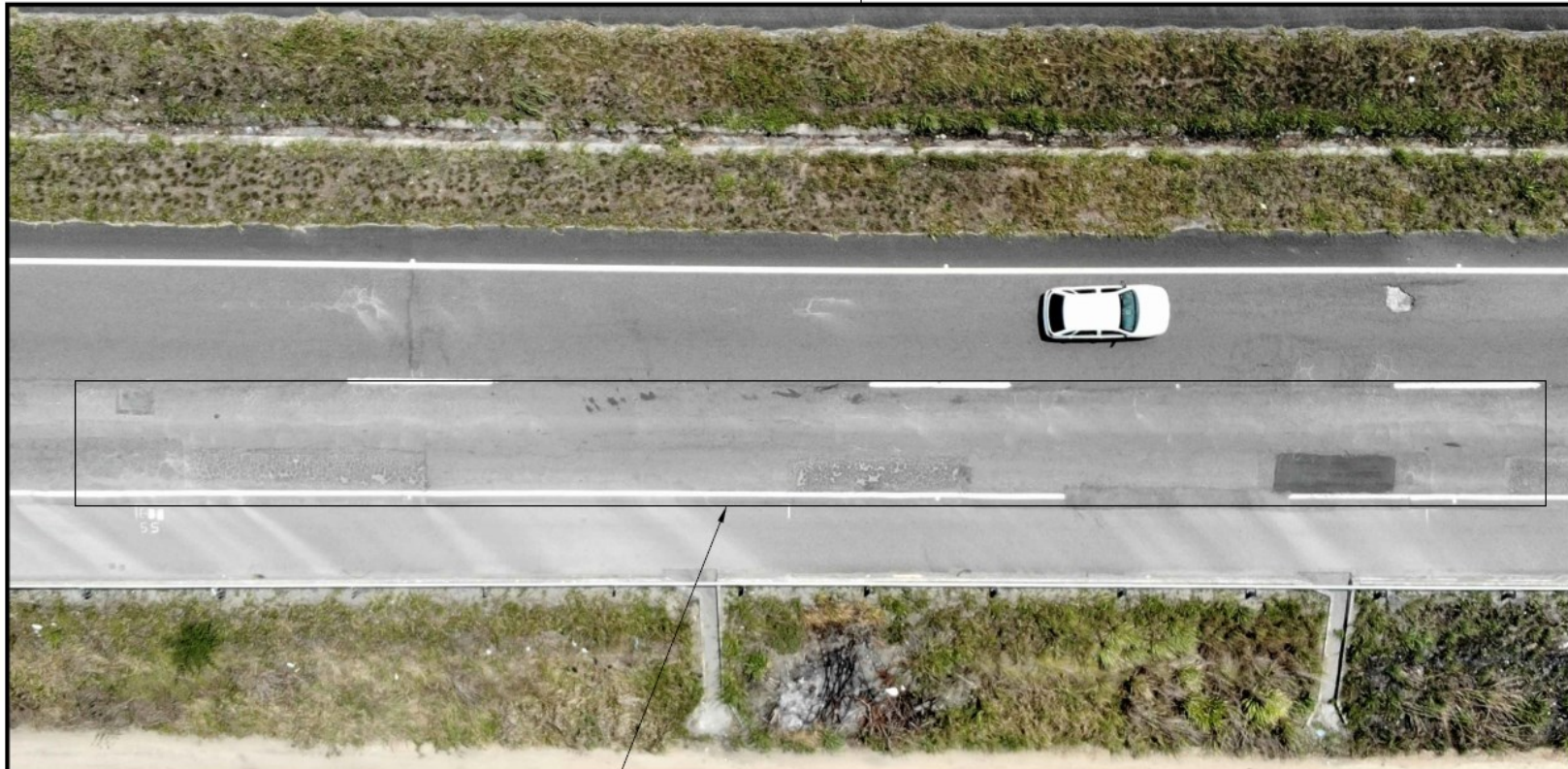
Local: S/C

APÊNDICE 7

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PATOLOGIAS VARIÁVEIS BR-230/PB

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



PATOLOGIA VISÍVEL
ENTRE O KM 65 E 75
SENTIDO CRESCENTE
DA BR-230/PB TRECHO
CRÍTICO.

- O trecho indicado demonstra vários tipos de patologia em um curto intervalo, indicando colapso da estrutura superior do pavimento e possíveis danos as camadas inferiores.



MAPEAMENTO

RODOVIA BR-230/PB

Nome: Danilo Marcus F. M. do Monte

Turma: 2014.1

Data: 20/11/2019

Disciplina: S/C

APÊNDICE 8

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

COLAPSO DA ESTRUTURA DO PAVIMENTO BR-230/PB

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



PATOLOGIA VISÍVEL
ENTRE O KM 65 E 75
SENTIDO CRESCENTE
DA BR-230/PB TRECHO
CRÍTICO.

- O trecho indicado demonstra vários tipos de patologia em um curto intervalo, indicando colapso da estrutura superior do pavimento e possíveis danos as camadas inferiores.



MAPEAMENTO

RODOVIA BR-230/PB

Nome: Danilo Marcus F. M. do Monte

Turma: 2014.1

Data: 20/11/2019

S/C

APÊNDICE 9

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION