**JOÃO VICTOR RAPHAELI GAONA**
**STEFANO CARRARA**

# REABILITAÇÃO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL A PARTIR DE ANÁLISE SUBJETIVA DO TRECHO DA RODOVIA SP 197 DR. AMÉRICO PIVA.

**SÃO CARLOS**
**2019**

**JOÃO VICTOR RAPHAELI GAONA**
**STEFANO CARRARA**

# REABILITAÇÃO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL A PARTIR DE ANÁLISE SUBJETIVA DO TRECHO DA RODOVIA SP 197 DR. AMÉRICO PIVA.

**Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Graduação de Engenharia Civil do Centro Universitário Central Paulista, como requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.**

**Orientadora: Profa. MSc. Elaine Rodrigues Ribeiro**

**SÃO CARLOS**
**2019**

Dedico este trabalho a todos que de forma direta ou indireta, colaboraram com o sucesso deste estudo. Aos meus familiares, pelo incentivo. Aos meus colegas, pelo apoio. A minha companheira, por estar presente nesta etapa. A Deus, pelas oportunidades concedidas.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, a minha companheira e a Deus. Em especial, à Mestra em Planejamento Elaine Ribeiro Rodrigues, que coordenou com êxito o andamento do estudo.

Se você pode sonhar, você pode fazer.

Walt Disney.

Aos meus familiares, aos meus futuros colegas de profissão, aos meus professores que me transmitiram conhecimento e à orientadora deste trabalho que nos forneceu toda a ajuda necessária para a sua realização.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que permitiu o dom da vida e concretizar todos os meus objetivos. A minha família que sempre me apoiou nas minhas decisões.

Agradecimentos a minha Professora e Mestra em Planejamento e Operações de Transportes Elaine Ribeiro Rodrigues, que me orientou e me auxiliou com o presente trabalho.

A todos que de alguma forma colaboraram com o presente estudo.

O trabalho duro ganha do talento quando o talento não trabalha duro.

Kevin Durant.

# SUMÁRIO

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES ..... X**
**LISTA DE SIGLAS ..... XI**
**RESUMO ..... XII**
**1 INTRODUÇÃO ..... 13**
1.1 JUSTIFICATIVA ..... 14
1.2 OBJETIVO ..... 14
**2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ..... 15**
2.1 PAVIMENTO ..... 15
2.1.1 TIPOS DE PAVIMENTO ..... 15
2.1.1.1 PAVIMENTO RÍGIDO ..... 15
2.1.1.2 PAVIMENTO SEMI-RÍGIDO ..... 16
2.1.1.3 PAVIMENTO FLEXÍVEL ..... 17
2.1.2 CAMADAS CONSTITUINTES DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS ..... 18
2.2 PATOLOGIAS NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA ..... 19
2.3 GERÊNCIA DE PAVIMENTOS ..... 25
2.4 REABILITAÇÃO DE PAVIMENTO ..... 27
**3 MATERIAIS E MÉTODOS ..... 29**
3.1 MATERIAIS ..... 29
3.2 MÉTODOS ..... 31
**4 RESULTADOS ..... 33**
**5 DISCUSSÕES E CONCLUSÕES ..... 42**
**REFERÊNCIAS ..... 44**

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01: DISTRIBUIÇÃO DE TENSÕES EM PAVIMENTO RÍGIDO ..... 16
FIGURA 02: DISTRIBUIÇÃO DE TENSÕES EM PAVIMENTO FLEXÍVEL ..... 17
FIGURA 03: TRINCA TRANSVERSAL ..... 20
FIGURA 04: TRINCA LONGITUDINAL ..... 20
FIGURA 05: TRINCA "COURO DE JACARÉ" ..... 21
FIGURA 06: TRINCAS DE BLOCO ..... 22
FIGURA 07: AFUNDAMENTO ..... 22
FIGURA 08: ONDULAÇÃO/ CORRUGAÇÃO ..... 23
FIGURA 09: ESCORREGAMENTO ..... 23
FIGURA 10: EXSUDAÇÃO ..... 24
FIGURA 11: DESGASTE ..... 24
FIGURA 12: PANELA/ BURACO ..... 25
FIGURA 13: FLUXOGRAMA DAS ATIVIDADES M&R EM SGP ..... 26
FIGURA 14: RODOVIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO ..... 30
FIGURA 15: VISTA AÉREA DE UM TRECHO DA RODOVIA ESTADUAL DR. AMÉRICO PIVA SP 193 ..... 30
FIGURA 16: VOLUME DIÁRIO MÉDIO DE TRÁFEGO NA RODOVIA DR. AMÉRICO PIVA ..... 31
FIGURA 17: SITUAÇÃO EM PLANTA DA PISTA E ACOSTAMENTO E ESQUEMA DE ESTAQUEAMENTO ..... 32
FIGURA 18: ILUSTRAÇÃO DA DIVISÃO POR GRAU DE SEVERIDADE ..... 33
FIGURA 19: PATOLOGIAS: PANELAS/ BURACOS ..... 34
FIGURA 20: PATOLOGIAS: TRINCAS TIPO "COURO DE JACARÉ" ..... 34
FIGURA 21: PATOLOGIAS: PANELAS E TRINCAS "COURO DE JACARÉ" ..... 35
FIGURA 22: PATOLOGIAS: TRINCAS TIPO "COURO DE JACARÉ" E ESCORREGAMENTO ..... 35
FIGURA 23: PATOLOGIAS: TRINCAS DE BLOCO E PANELA ..... 36
FIGURA 24: PATOLOGIAS: PANELAS E TRINCAS. ..... 36
FIGURA 25: REMENDOS, TRINCAS DE BLOCO E AFUNDAMENTO ..... 37
FIGURA 26: BURACO, DESGASTE E TRINCAS TRANSVERSAIS ..... 37
FIGURA 27: PANELA COM ALTO GRAU DE PROFUNDIDADE ..... 38
FIGURA 28: DESGASTE, REMENDOS E TRINCAS DE BLOCO ..... 38
FIGURA 29: REMENDOS E BURACOS ..... 39

# LISTA DE SIGLAS

**CNT:** CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES.

**DER:** DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM.

**DNIT:** DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES.

**M&R:** MANUTENÇÃO & REABILITAÇÃO.

**SGP:** SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS.

**VDM:** VOLUME DIÁRIO MÉDIO.

## RESUMO

O objeto deste trabalho é um trecho do Km 13 da Rodovia Dr. Américo Piva SP-197, que liga duas cidades do interior de São Paulo, Brotas e Torrinha, localizadas a oeste do Estado. A largura total com os acostamentos possui 10 metros. Esta rodovia está sob jurisdição estadual e não conta com faixas duplicadas. A importância da conservação desta rodovia deve-se ao fato de que boa parte da população de Brotas e Torrinha utiliza a via diariamente, bem como viajantes e veículos pesados, visto que ônibus e caminhões trafegam diariamente na via em razão da existência de uma usina sucroalcooleira. A metodologia empregada neste trabalho foi a realização de uma análise subjetiva do trecho do km 13 da rodovia SP-197 Dr. Américo Piva, afim de abordar as possíveis técnicas de reabilitação do pavimento. Foi realizada a coleta de imagens através de análise subjetiva, da qual consiste em levantamento fotográfico trecho a trecho, conforme descrito no tópico 3.2 “métodos”. Este levantamento permitiu observar o estado de conservação da via trecho a trecho, os defeitos predominantes e as causas dos mesmos. Então, o trecho estudado necessita ser reabilitado a partir dessas modalidades, visando um novo ciclo de vida útil do pavimento, e a partir de então, é de extrema importância que exista manutenção preventiva, a fim de evitar aparecimento de novos problemas e reduzir os gastos dos investimentos com obras de novas reabilitações.

# 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de grandes extensões territoriais, sendo necessário uma grande rede de meios de transporte para a circulação de pessoas e cargas. No país, a partir da década de 50, priorizou-se massivamente a construção e o uso de rodovias, em detrimento da conservação e melhorias de ferrovias e hidrovias.

Com uma malha rodoviária atual de 1.720.643,2 km entre rodovias federais, estaduais e municipais; 78,6% não tem pavimentação, 12,2% é pavimentada e somente 9,2% é planejada (CNT, 2017). De acordo com dados oficiais, em torno de 60% das rodovias pavimentadas possuem algum tipo de patologia. Entre essas, problemas característicos do pavimento flexível (material betuminoso que possui deformação elástica), são fissuras, trincas transversais e longitudinais, trincas em malha tipo “couro de jacaré”, desgaste, exsudação, panelas e buracos.

A qualidade do pavimento das rodovias tem impacto direto no desempenho do transporte rodoviário e na economia do Brasil. Uma rodovia com más condições de pavimento aumenta o custo operacional do transporte, reduz o conforto e a segurança dos passageiros e das cargas, além de causar prejuízos ambientais (CNT, 2018).

Para que se obtenha um adequado nível de serviço quanto ao rolamento, à capacidade de suporte de carga do tráfego e à segurança, são necessárias intervenções de restauração.

A durabilidade de uma via pavimentada está ligada a três grandes pilares: elaboração de um bom projeto, que especifique as camadas do pavimento de acordo com as condições do local e volume de tráfego; execução satisfatória das obras, com monitoramento adequado da qualidade dos materiais utilizados e dos serviços; manutenção preventiva e corretiva do pavimento. Falhas em cada uma dessas etapas resultarão em defeitos nas vias, ocasionando as patologias dos pavimentos asfálticos.

Para a restauração de uma via pavimentada é necessário a realização de um estudo do pavimento existente. O estudo é precedido por uma avaliação funcional e uma avaliação estrutural. Com esses dados, é possível analisar as condições da superfície do pavimento e de sua estrutura, e definir as melhores alternativas de restauração do pavimento flexível.

Será realizado um estudo de caso in loco, em uma via com pavimento agredido e será discutido as causas e as melhores técnicas para manutenção ou a restauração desse pavimento, levando em conta os benefícios e custos da obra.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Uma via em más condições acarreta inúmeros problemas aos usuários, como danos aos veículos, maior consumo de combustíveis e até graves acidentes de trânsito.

Com base nisso, é de grande importância a prevenção e manutenção dos pavimentos, com técnicas de reabilitação adequadas a cada tipo de patologia, utilizando-se de técnicas de gerenciamento do pavimento, afim de se evitar maiores gastos dos gestores com grandes restauros nas vias.

## 1.2 OBJETIVO

Apresentar e analisar as técnicas existentes, e novas técnicas para restauração e manutenção de pavimento flexível de vias urbanas e rodoviárias, para que se proporcione uma vida longa do pavimento com qualidade, sem agressão ao meio ambiente.

Com essas informações, realizar um estudo de caso in loco, em uma via com pavimento agredido e discutir quais as causas e as melhores técnicas para manutenção ou a restauração desse pavimento.

# 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## 2.1 PAVIMENTO

Denomina-se pavimento um tipo de revestimento de solo. Em infraestrutura viária, o pavimento é a camada da qual recebe esforços solicitantes dos veículos, podendo ser composto por revestimento asfáltico ou de concreto-cimento. Sua função é receber tais cargas e distribui-las às camadas inferiores, desta forma, aliviando as tensões exercidas pelos veículos. A estrutura do pavimento é composta por camadas sobrepostas de diversos materiais compactados a partir do subleito do corpo estradal, a fim de atender operacional e estruturalmente ao tráfego, de modo a ser durável e com o menor custo possível, considerando diversos horizontes para serviços de manutenções preventivas, corretivas e de reabilitação. (BALBO, 2007).

Para Bernucci et al (2008), o pavimento pode ser caracterizado como uma estrutura de múltiplas camadas, com espessuras finitas, construídas sobre uma superfície (solo), destinada a resistir esforços provenientes do tráfego e oscilações do clima, e oferecer conforto ao usuário, bem como fornecer economia e segurança.

Tendo em vista as ações do tráfego é esperado que existam patologias, ou seja, defeitos ocasionados também por problemas de drenagem e o intemperismo. Tais patologias tem suas classificações de acordo com suas origens e níveis de degradação. (SILVA ,2008).

### 2.1.1 TIPOS DE PAVIMENTOS

#### 2.1.1.1 PAVIMENTOS RÍGIDO

Entende-se por pavimento rígido aqueles que possuem camada superior (capa) composta por cimento. É comum a utilização de cimento Portland, havendo também mais duas camadas inferiores composta pelo mesmo material. Já a sub-base é constituída por material granular (BRANCO et al, 2011).

A principal característica do pavimento rígido é o comportamento da camada de rolamento. Esta camada funciona como estrutura, fazendo distribuição uniforme das tensões. Sendo assim, o solo recebe menores cargas visto que essas tensões já

foram distribuídas igualmente pelas camadas superiores. Os pavimentos rígidos são utilizados em rodovias e pontes que estão propensas a receber maiores solicitações de tráfego. Sua durabilidade está prevista para 20 anos. Atualmente as concessionárias optam pela utilização do pavimento rígido, devido a sua durabilidade, excluindo a necessidade de frequentes manutenções. (ARAUJO et al, 2016).

Em relação aos defeitos do pavimento rígido, Araujo et al (2016) cita as patologias devido à falha na execução e qualidade dos materiais empregados, e o dimensionamento deve estar de acordo com a carga de tráfego a ser suportada. Desta forma, é necessário controle de qualidade elevado no ato de sua execução.

Figura 1: Esquema de distribuição de tensões em pavimento rígido.

Fonte: Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do conhecimento.

### 2.1.1.2 PAVIMENTO SEMI-RÍGIDO

Segundo Branco et al (2011), o pavimento semi-rígido diferencia-se do pavimento flexível devido a sua constituição particular. Este tipo de pavimento possui camadas superiores com composição idênticas ao pavimento flexível, mas a sua base é rígida, ou seja, feita de concreto. Já a sub-base é composta por material granular mecanicamente estabilizado. No caso de pavimentos semi-rígidos, a base é a camada que mais absorve os esforços produzidos, devido a sua alta rigidez. Os defeitos deste

tipo de pavimentação são semelhantes aos que ocorrem em pavimento rígido, como fendas devido à retração do concreto.

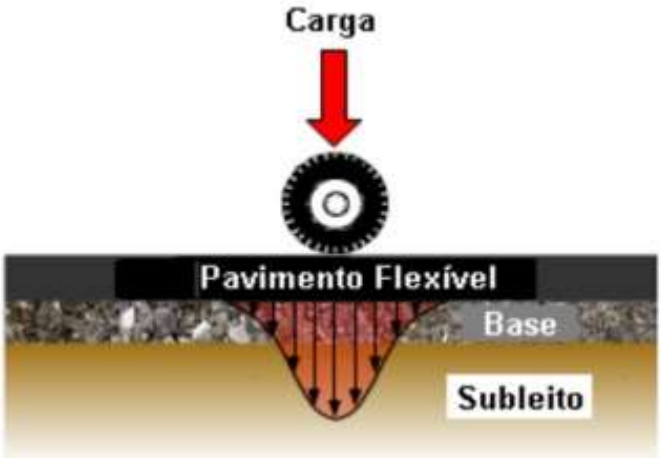
#### 2.1.1.3 PAVIMENTO FLEXÍVEL

Os pavimentos flexíveis segundo Branco (2011), apresentam camadas superiores formadas por misturas betuminosas, ou seja, mistura de materiais como: fíler, ligantes hidrocarbonados, aditivos e agregados. Este tipo de pavimento possui outras camadas constituídas de material granular.

Bernucci et al (2008) define pavimento flexível aquele do qual o revestimento possui em sua constituição materiais agregados e ligante asfáltico. O pavimento asfáltico conta com camadas, sendo elas: revestimentos, base, sub-base e subleito. A camada do revestimento é responsável por receber as ações diretas do tráfego e distribui-las para as camadas inferiores, como também impermeabilizar o pavimento, e proporcionar conforto ao usuário.

O pavimento flexível possui uma característica relevante: caracteriza-se pelo não rompimento, devido a sua elasticidade. Os esforços são distribuídos de forma vertical, como ilustrado na figura 2. É o tipo de pavimentação mais recorrente nas estradas brasileiras. Os defeitos que podem surgir devido à ação do tráfego e intemperismo são vários, porém ainda desta forma, é possível destacar o emprego da pavimentação asfáltica em grande parte do território nacional (ARAUJO, 2016).

Figura 2. Esquema de distribuição de tensões em pavimento flexível.




Fonte: Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do conhecimento.

### 2.1.2 CAMADAS CONSTITUINTES DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Como Bernucci et al (2008) cita em sua obra, os pavimentos asfálticos são constituídos por camadas, das quais denominações e funções são dadas a seguir, respectivamente:

- Revestimento: Camada superior, capa do pavimento. Destinada a resistir aos esforços solicitantes, parte da estrutura da qual entra em contato direto com os esforços e intemperismo.

- Base: Camada localizada abaixo do revestimento. Composta por pedras compactadas, destinada a resistir os esforços e transmiti-los de forma adequada às camadas inferiores.

- Sub-base: Camada constituída por mistura de solos e materiais britados. Sua principal função é dar sustentação para a estrutura.

- Subleito: Camada de solo propriamente dita, ou seja, solo natural. Este solo precisa ser preparado para receber as camadas superiores.

Balbo (2007) afirma que as camadas dos pavimentos possuem uma ou mais funções específicas, e devem proporcionar condições de uso a qualquer condição. A estrutura recebe as cargas aplicadas na superfície, e com isso, geram tensões, que devem ser aplicadas adequadamente em suas respectivas camadas. O revestimento possui a função de receber as cargas e distribui-las às outras camadas. No caso de pavimentação asfáltica, é comum utilizar duas camadas ou mais. São elas:

- Camada de rolamento: camada superficial que sofre as ações das cargas de forma direta.
- Camada de ligação: Camada intermediária, constituída também de material asfáltico.
- Camada de nivelamento: Primeira camada de material asfáltico utilizada na execução de reforços.

- Camada de reforço: Conhecida como recape, ou recapeamento. Camada utilizada para suprir necessidades funcionais e estruturais.

Ainda segundo Balbo (2007), o subleito é a camada constituída de material natural compactado. O reforço do subleito não é componente obrigatório da estrutura de pavimentos, mas pode ser empregado quando não há subleito que exerça uma função estrutural de alta eficiência, como em pavimentos flexíveis. A base e a sub-base são as camadas inferiores, que tem importante função na drenagem dos pavimentos. A camada de base é constituída por materiais como solo e agregados, brita graduada, brita com cimento e ligantes asfálticos, assim como no caso da sub-base, ou seja, os mesmos materiais podem ser empregados em ambas as camadas.

## 2.2 PATOLOGIAS NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

De acordo com Silva (2008), as patologias do pavimento são defeitos provenientes de vários fatores, entre os mais comuns: intemperismo, repetição de carga e problemas de drenagem. Estes defeitos surgem na camada de revestimento, e se não forem solucionadas, pode haver degradação das camadas inferiores, e também problemas que afetam diretamente aos usuários. Estas patologias podem surgir em rodovias e vias urbanas, visto que há repetição de cargas e intemperismo em ambas situações.

O DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) apresenta em sua Norma Técnica 005/2003, os principais defeitos dos pavimentos flexíveis. A seguir, suas denominações e principais causas.

- Fendas: descontinuidade na superfície do pavimento, que pode acarretar em aberturas maiores, como trincas e fissuras.
- Trincas: Fenda no pavimento, visível, com abertura maior em relação a fissura. Existem subtipos de trincas, sendo elas:

1. Trinca Transversal: pode ser longa (acima de 1 metro) ou curta (até 1 metro). Esta trinca se apresenta ortogonalmente ao eixo da pista.

Figura 3. Trinca Transversal

Fonte: DNIT, (2003).

2. Trinca longitudinal: Também considerada longa acima de 1 metro e curta, para aquelas que apresentam extensão de até 1 metro, porém se apresenta paralelamente ao eixo do pavimento.

Figura 4. Trinca Longitudinal.

Fonte: DNIT, (2003).

3. Trinca de retração: Este tipo de defeito está associado a retração térmica do material do revestimento ou da base.

4. Trinca “couro de jacaré”: Apresenta-se em forma de várias trincas interligadas, que se assemelham ao couro de jacaré. Causada pela repetição de tráfego.

Figura 5. Trinca “couro de jacaré”.

Fonte: DNIT, (2003).

5. Trincas de bloco: Trincas interligadas que formam figuras semelhantes aos blocos, e sua causa pode estar associada a mudanças no volume de misturas asfálticas com agregados finos.

Figura 6. Trincas de bloco.

Fonte: DNIT, (2003).

- Afundamento: deformação caracterizada por depressão na superfície do pavimento. Podem surgir por consequência de problemas de drenagem e métodos de construção inadequado.

Figura 7. Afundamento.

Fonte: DNIT, (2003).

- Ondulação/ corrugação: Ondulações transversais na superfície do pavimento.

Figura 8. Ondulação/ corrugação.

Fonte: DNIT, (2003).

- Escorregamento: Deslocamento do revestimento em relação à camada do pavimento.

Figura 9. Escorregamento.

Fonte: DNIT, (2003).

- Exsudação: Caracteriza-se pelo excesso de ligante betuminoso no pavimento.

Figura 10. Exsudação.

Fonte: DNIT, (2003).

- Desgaste: Aspereza visível na superfície do pavimento, causada pelos esforços do tráfego.

Figura 11. Desgaste.

Fonte: DNIT, (2003).

- Panela/buraco: Este defeito possui essa denominação por causa de sua forma circular e cavidade. Tem sua origem proveniente de diversas causas, e pode provocar danos nas camadas inferiores.

Figura 12. Panela/ Buraco.

Fonte: DNIT, (2003).

- Remendo: Forma de correção de alguma patologia, da qual se utiliza uma nova camada betuminosa.

## 2.3 GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

O DNIT (2011) em seu Manual de Gerência de Pavimentos descreve Sistema de Gerência de Pavimentos como um conjunto de atividades formadas por planejamento, projeto, construção e manutenção dos pavimentos, a fim de criar e desenvolver ações que viabilizam a construção eficiente de estruturas de pavimentação. Estas atividades geram viabilidade econômica, visto que neste sistema existe a atividade relacionada à manutenção, o que visa prevenir altos gastos com reabilitação. Estas atividades se dividem em quatro principais, e compõem um Banco de Dados. São elas:

a) Sistema de referência
b) Avaliação dos pavimentos
c) Determinação das prioridades
d) Elaboração de programa plurianual de investimentos

Estas informações devem ser atualizadas com frequência e contar com fácil acesso aos administradores das rodovias. Ainda segundo DNIT (2011), no que se diz respeito à Gerência de Pavimentos em nível de projeto, é necessária à coleta de dados de forma mais detalhada, para que se possa fazer uma análise das camadas dos pavimentos, apresentar a causa dos defeitos e propor melhorias. Neste tipo de estudo, ações como soluções técnicas e econômicas são discutidas, a fim de unificar uma solução para ambas as situações. As atividades relacionadas às soluções técnicas são denominadas de Atividades de Manutenção e Reabilitação (M&R). A partir de análises realizadas é possível determinar a situação atual do pavimento e escolher qual atividade melhor se adequa no momento. No fluxograma a seguir (figura 13), estão identificados os passos de atividades pertinentes ao SGP.

Figura 13. Fluxograma das atividades M&R em SGP.

Fonte: DNIT, (2011).

Este conjunto de atividades deve atender de forma eficiente às expectativas de conforto e segurança dos usuários e obedecer à correta aplicação dos recursos públicos, sendo estes os objetivos de um SGP (DNIT, 2011).

## 2.4 REABILITAÇÃO DE PAVIMENTO

O pavimento conta com a função de desempenhar um papel satisfatório em relação a segurança e conforto ao usuário. Com isto, é necessário que existam manutenções a fim de garantir a serventia da estrutura, bem como atividades de reabilitação, quando não há mais possibilidade de apenas evitar o problema, visto que o pavimento esteja deteriorado. Para isso, existem tipos de análises para definir qual a melhor estratégia a ser tomada (DNIT, 2006).

Segundo o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006), o levantamento da condição estrutural do pavimento é de extrema importância para fornecer ao engenheiro os dados relevantes sobre a atual situação da estrutura. Desta forma é possível avaliar qual é a melhor intervenção a ser realizada. Estas avaliações podem ser realizadas a partir dos defeitos existentes na camada superior, das quais fornecem dados sobre os esforços provenientes das cargas do tráfego, e também a partir de ensaios destrutivos e não destrutivos. As atividades M&R são aqui empregadas. Para os defeitos plausíveis de manutenção, são aplicadas as atividades que previnem maiores danos, e são economicamente viáveis. Quanto às atividades de reabilitação, são desprendidos maiores gastos, e contam com serviços de maiores complexidades, mas prepara o pavimento para um novo período de vida útil. Para Torrao (2015) é possível realizar dois tipos de intervenção. São elas: estrutural e funcional.

- Reabilitação estrutural: Tem a função de aumentar a capacidade de resistência do pavimento, e desta forma prepará-lo para receber novas exigências de tráfego. Assim, o pavimento contará com características estruturais diferentes e melhoradas, pois as camadas inferiores serão modificadas.
- Reabilitação funcional: Este tipo de intervenção visa à restauração superficial do pavimento, o que melhora a situação da camada de revestimento em

relação a texturas, ou seja, defeitos que ainda podem ser restaurados apenas na camada superior. Apesar deste tipo de reabilitação ter como objetivo a restauração superficial, existe a contribuição estrutural, visto que é possível melhorar a drenagem das águas, de forma a impermeabilizar o pavimento, evitando problemas relacionados à infiltração nas camadas inferiores.

Tarefas relacionadas às reabilitações de pavimentos são complexas e exigem cuidados, visto que envolvem aspectos econômicos e visam o conforto e segurança aos usuários. Desta forma, é imprescindível que exista uma análise correta da situação atual do pavimento, a fim de não criar um programa de restauração inadequado (DNIT, 2006).

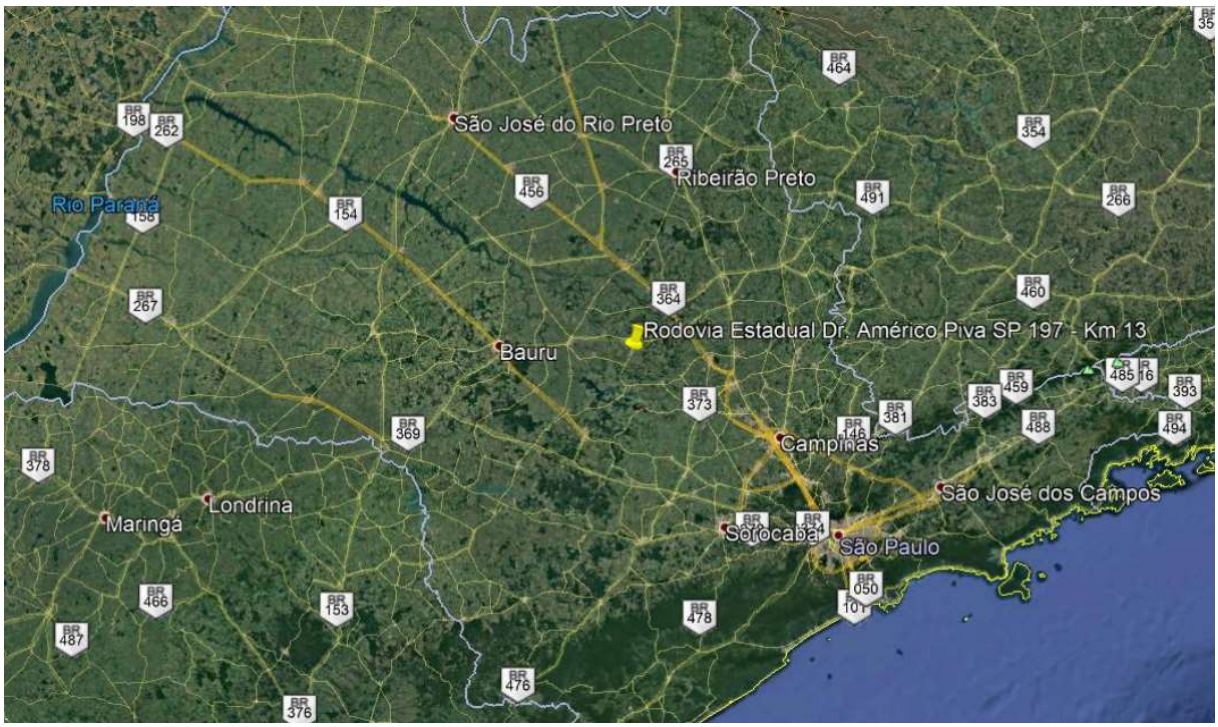
# 3. MATERIAIS E MÉTODOS

## 3.1 MATERIAIS

O objeto de estudo deste presente trabalho é um trecho do Km 13 da Rodovia Dr. Américo Piva SP-197, que liga duas cidades do interior de São Paulo, Brotas e Torrinha, localizadas a oeste do Estado. A rodovia foi construída no ano de 1972, mas somente em 1986 recebeu essa denominação. A via é asfaltada e conta com acostamentos, e possui 6,5m de largura no trecho citado, sendo esta a medida total das duas faixas. A largura total com os acostamentos possui 10 metros. Esta rodovia está sob jurisdição estadual e não conta com faixas duplicadas.

A importância da conservação desta rodovia deve-se ao fato de que boa parte da população de Brotas e Torrinha utiliza a via diariamente, bem como viajantes e veículos pesados, visto que ônibus e caminhões trafegam diariamente na via em razão da existência de uma usina sucroalcooleira.

Figura14. Rodovias do Estado de São Paulo.




Fonte: Google Earth (2019).

O destaque em amarelo sinaliza a localização da rodovia entre as demais do Estado.

O trecho em questão é o que apresenta maior quantidade e tipos de deformações no pavimento, o que acarreta em diversos problemas para os usuários.

A seguir, a localização da rodovia e a sinalização em vermelho indica o trecho com maior quantidade de defeitos.

Figura 15. Vista aérea de um trecho da Rodovia Estadual Dr. Américo Piva SP 197.

Fonte: Google Earth, (2019).

Tendo em vista o volume diário de tráfego de veículos pesados e leves, é de suma importância que exista manutenção do pavimento, a fim de evitar acidentes. Abaixo, os dados de VDM (volume diário médio) de tráfego da rodovia em questão.

Figura 16. Volume diário médio de tráfego na Rodovia Dr. Américo Piva.

| POSTO DE COLETA | | | | | | | VOLUME DIÁRIO MÉDIO DE TRÁFEGO(VDM) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| POSTO | LOCALIZAÇÃO | | | | | | TIPO DE VEÍCULO | | | | | | | | | | | |
| | SP | DESCRIÇÃO DO TRECHO | Km | TRECHO | | ADMINISTRAÇÃO TRECHO | 2015 | | | 2016 | | | 2017 | | | 2018 | | |
| | | | | INÍCIO | FIM | | PASSEIO | COMERCIAL | TOTAL | PASSEIO | COMERCIAL | TOTAL | PASSEIO | COMERCIAL | TOTAL | PASSEIO | COMERCIAL | TOTAL |
| 123 | 197 | SP 225 (BROTAS) - SP 304 (TORRINHA) | 17,000 | 0,000 | 20,020 | DER-DR.13 | **2.269** | **921** | **3.190** | **2.225** | **903** | **3.128** | **2.247** | **912** | **3.159** | **2.242** | **909** | **3.151** |

***Nota:*** *Campos em negrito correspondem a dados projetados com base na evolução do tráfego.*
*O VDM apresentado representa a soma dos VDM's nos dois sentidos.*

Fonte: DER-SP, (2019).

De acordo com os dados apresentados, houve um pequeno declínio do VDM no ano de 2018 em relação aos anos anteriores.

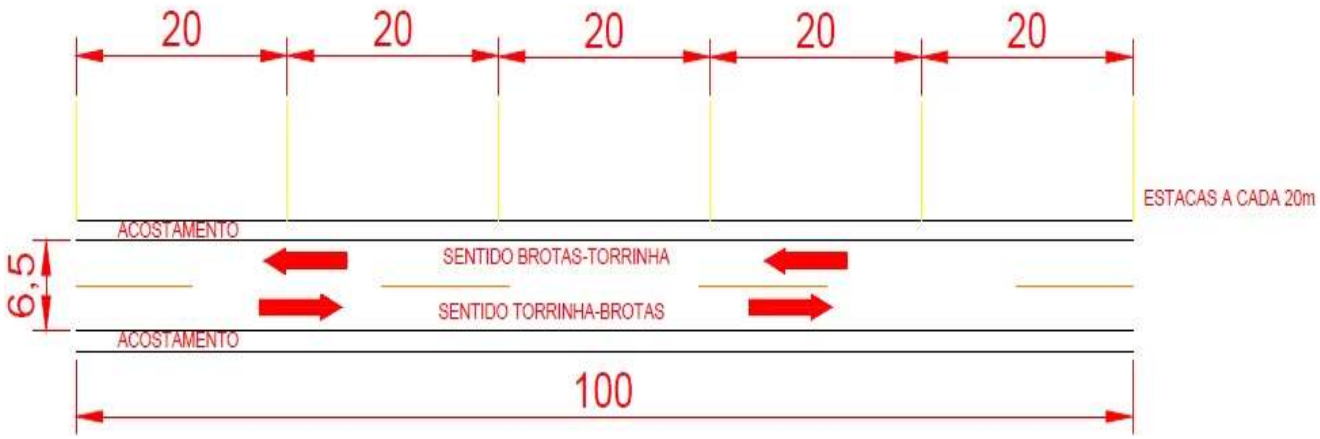
## 3.2 MÉTODOS

A metodologia empregada neste trabalho foi a realização de uma análise subjetiva baseada na avaliação objetiva de identificação de defeitos superficiais do pavimento no trecho do km13 da rodovia SP-197 Dr. Américo Piva, afim de abordar as possíveis técnicas de reabilitação do pavimento. Este estudo de caso contou com a realização de levantamento fotográfico para posteriores discussões sobre o estado da via, bem como a solução empregada.

O trecho escolhido possui 100 metros de comprimento, então, foi adotado o método de estaqueamento a cada 20 metros, totalizando 5 estacas. Com isso, seções de amostras foram geradas e cada uma contém 130m², sendo 20m de comprimento e 6,5m de largura. Este método foi o escolhido pela praticidade em levantar dados de forma eficiente. A partir da coleta e estudo detalhado de cada defeito, será escolhida a melhor técnica de reabilitação, a partir do grau de severidade.

Na figura 17, o esquema de representação da pista, sem escala.

Figura 17. Situação em planta da pista e acostamento e esquema de estaqueamento.




Fonte: Os autores, (2019).

## 4 RESULTADOS

Foi realizada a coleta de imagens através de análise subjetiva, da qual consiste em levantamento fotográfico trecho a trecho, conforme descrito no tópico 3.2 “métodos”. Este levantamento permitiu observar o estado de conservação da via trecho a trecho, os defeitos predominantes e as causas dos mesmos.

Abaixo, na figura 18, segue a ilustração de como a pista foi dividida, de acordo com a gravidade dos defeitos.

Figura 18. Ilustração da divisão por grau de severidade.

Fonte: Os autores, (2019).

Cada estaca possui 20 metros de comprimento por 6,5 metros de largura, totalizando 130m².

Figura 19. Patologias: Panelas/Buracos pertencentes às amostras da Estaca 1.

Fonte: Os autores, (2019).

Figura 20. Patologias: Trincas tipo "Couro de Jacaré" pertencentes às amostras da Estaca 1.

Fonte: Os autores, (2019).

Figura 21. Patologias: Panelas e Trincas tipo "Couro de Jacaré" pertencentes às amostras da Estaca 1.

Fonte: Os autores, (2019).

Figura 22. Patologias: Trincas tipo "Couro de Jacaré" e escorregamento pertencentes às amostras da Estaca 2.

Fonte: Os autores, (2019).

Figura 23. Trincas de blocos e panela pertencentes às amostras da Estaca 2.

Fonte: Os autores, (2019).

Figura 24. Panelas e trincas. Sinalização horizontal deficiente, pertencentes às amostras da Estaca 2.

Fonte: Os autores, (2019).

Figura 25. Remendos, trincas de bloco e afundamento, pertencentes às amostras da Estaca 2.

Fonte: Os autores, (2019).

Figura 26. Buraco, desgaste e trincas transversais. Ausência de sinalização horizontal, pertencentes às amostras da Estaca 3.

Fonte: Os autores, (2019).

Figura 27. Panela com alto grau de profundidade situada no acostamento, pertencente às amostras da Estacas 3.

Fonte: Os autores, (2019).

Figura 28. Desgaste, remendos e trincas de bloco, pertencentes às amostras da Estaca 4.

Fonte: Os autores, (2019).

Figura 29. Remendos e buracos, pertencentes às amostras da Estaca 5.

Fonte: Os autores, (2019).

De acordo com o as imagens apresentadas acima, é possível identificar que os defeitos mais recorrentes são:

- Amostras Estaca 1:

  Panelas: ocorrem devido à vários fatores, como falta de aderência das camadas inferiores, umidade excessiva e podem surgir a partir das trincas de fadiga. Neste trecho, foram encontradas panelas com profundidade de até 6cm;

  Trincas de bloco: causadas pelas variações térmicas, e podem ocasionar futuros defeitos estruturais;

  Escorregamento: ocorrem devido às falhas construtivas.

- Amostras Estaca 2:

  Panelas;

  Trincas transversais: tem sua origem a partir do endurecimento do asfalto;

  Remendos: defeitos que foram preenchidos com camadas de pavimentos;

  Afundamento: defeito originário de má dosagem de camada asfáltica. O excesso de ligante pode causar estes tipos de deformações.

- Amostras Estaca 3:

  Trincas transversais;

  Panelas;

  Desgaste: causado por esforços do tráfego.

- Amostras Estaca 4:

  Remendos;

  Trincas de bloco;

  Desgaste.

- Amostras Estaca 5:

  Remendos;

  Panelas;

  Desgaste.

Além dos defeitos funcionais encontrados na camada de rolamento da via, encontra-se problemas também nos acostamentos, que estão comprometidos pelos mesmos defeitos, e em alguns trechos a largura é de 1,5 m, o que compromete a segurança dos usuários.

A falta de sinalização horizontal também é um agravante, visto que as faixas não são bem definidas, o que pode ocasionar invasão da faixa contrária. A falta de

tachões refletivos também compromete o tráfego noturno, pois ocasiona também a má identificação das faixas.

A técnica mais adequada para o trecho estudado é o emprego da Reabilitação, que corresponde ao grupo de atividades M&R (manutenção e reabilitação). Essas atividades são realizadas quando não há mais possibilidade de evitar problemas, visto que os defeitos já estão presentes.

## 5 DISCUSSÕES E CONCLUSÃO

O pavimento asfáltico conta com menor custo de execução em relação ao pavimento de concreto, porém quando não executado e mantido de forma correta, pode sofrer deterioração, abreviando a vida útil esperada de 20 anos.

Esta observação permitiu notar que não foram realizadas obras de conservação, salvo operações tapa buracos, mas que foram realizadas de maneira ineficaz, visto tamanha a degradação dos remendos e defeitos que já alcançam um grau elevado de deterioração.

Diante do levantamento realizado, foi possível relacionar os defeitos presentes no trecho estudado com as suas principais causas. Neste sentido, é viável que o pavimento deva ser reestruturado, a partir das técnicas de reabilitação, das quais restituem as condições originais do pavimento, utilizando a aplicação de remendos seletivos e aplicações de camadas de regularização. Esta atividade pode ser chamada também de reabilitação funcional, pois esta contempla a realização de uma nova camada superficial, visando a melhoria da superfície em relação a texturas, mas também contribui para a melhoria estrutural, pois dessa forma é possível barrar o surgimento de infiltrações, por exemplo.

Como previamente apresentado neste trabalho, a reabilitação de um pavimento gera custos maiores e deve ser empregada quando existe realmente a necessidade de criar um programa de restauração. A técnica de reabilitação deve ser aplicada em situações das quais o pavimento perdeu a serventia, ou seja, onde não há mais como recuperar o desempenho funcional e estrutural. É importante que este novo pavimento seja dimensionado visando as futuras condições de tráfego. Para que este novo asfalto seja executado de forma eficiente, esta atividade tem de ser realizada a partir de um projeto de engenharia, visando atender as normas e especificações das “Diretrizes básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários”.

As atividades que contemplam a reabilitação do pavimento são as seguintes:

- Recapeamento do pavimento;
- Reconstrução do pavimento;
- Reconstrução parcial;

- Reconstrução total;
- Reforço do pavimento.

Então, o trecho estudado necessita ser reabilitado a partir dessas modalidades, visando um novo ciclo de vida útil do pavimento, e a partir de então, é de extrema importância que exista manutenção preventiva, a fim de evitar aparecimento de novos problemas e reduzir os gastos dos investimentos com obras de novas reabilitações.

## REFERÊNCIAS

ANPET. **Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes**. 2016. ISSN: 2237-1346. Disponível em:

<https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/1180>. Acesso em 23 mar. 2019. Acesso em 23 Mar. 2019.

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica:** materiais, projetos e restauração. São Paulo: Oficinas de Textos, 2007.

BERNUCCI, B. B et al. **Pavimentação asfáltica**: Formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro, RJ. Petrobrás, Abeda, 2008.

CNT. **Confederação Nacional do Transporte**. 2018. Disponível em: https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/somente-12-da-malha-rodoviaria-brasileira-pavimentada>. Acesso em 23 mar. 2019.

DNIT. **Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes**. 2011., Manual de Gerência de Pavimentos.

JUNIOR, L. F. J et al. **Defeitos e atividades de manutenção e reabilitação em pavimentos asfálticos.** São Carlos, SP, USP – Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Transportes, 2006.

**Revista científica multidisciplinar Núcleo do conhecimento**. 2016. NC: 6003 - ISSN: 2448-0959. Disponível em:

https://www.nucleodoconhecimento.com.br/wp-content/uploads/artigo-cientifico/pdf/metodos-de-pavimentacao.pdf. Acesso em 15 Mai. 2019.

SILVA, P. F. A. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos**. 2ª edição revisada e colorida. São Paulo: Editora Pini, 2008.

SUZUKI, C. Y et al. **Drenagem superficial de pavimentos**: conceitos e dimensionamento. São Paulo, SP. Oficina de Textos, 2013.