

CENTRO UNIVERSITÁRIO ATENAS

HENRIQUE DA SILVA OLIVEIRA

**ESTUDO SOBRE PATOLOGIAS APRESENTADAS EM
PAVIMENTOS ASFÁLTICOS:** consequências da ineficiência
do sistema de drenagem superficial

Paracatu

2019

HENRIQUE DA SILVA OLIVEIRA

**ESTUDO SOBRE PATOLOGIAS APRESENTADAS EM PAVIMENTOS
ASFÁLTICOS:** consequências da ineficiência do sistema de drenagem superficial

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Pavimentação

Orientadora: Profa. Dra. Lidiane
Aparecida Silva

Paracatu

2019

HENRIQUE DA SILVA OLIVEIRA

ESTUDO SOBRE PATOLOGIAS APRESENTADAS EM PAVIMENTOS

ASFÁLTICOS: consequências da ineficiência do sistema de drenagem superficial

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Pavimentação

Orientadora: Profa. Dra. Lidiane Aparecida Silva

Banca Examinadora:

Paracatu - MG, 20 de Novembro de 2019.

Profa. Dra. Lidiane Aparecida Silva
Centro Universitário Atenas

Prof. Carlos Eduardo Ribeiro Chula
Centro Universitário Atenas

Prof. Pedro Henrique Pedrosa de Melo
Centro Universitário Atenas

Dedico esse trabalho a todos que me apoiaram durante essa dura caminhada, meus amigos, minha família, meus professores, mentores.

Dedico esse trabalho a todos os Engenheiros com quais trabalhei e depositaram confiança em mim, me ensinando os caminhos da profissão.

Aos professores, com os quais compartilhei momentos de alegria, conhecimento, e hoje tenho como grandes amigos.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pela possibilidade de conseguir cursar um curso superior e, iluminar meus passos e escolhas durante essa caminhada.

Agradeço a meus amigos, familiares que nesses 5 anos me aturaram durante os momentos difíceis da faculdade.

A minha orientadora, Profa. Dra. Lidiane Aparecida Silva, que me instruiu de maneira simples, a melhor maneira de conduzir essa monografia e, transcrever minhas ideias e pensamentos da melhor maneira possível.

Aos professores, o meu muito obrigado por partilhar o conhecimento e experiências de carreira, que me fez gostar ainda mais dessa profissão.

*“Então entenda
Não perca seu tempo sempre procurando
aqueles anos perdidos
Encare, tome posição
E perceba que você vive nos anos
dourados”*

Iron Maiden, 1986.

RESUMO

O Brasil historicamente se fez um grande usuário do modal rodoviário, seja pela facilidade de escoar seus produtos pelas estradas de norte a sul do país, ou por ser um meio de transporte mais econômico, e enraizado culturalmente. Com isso, se tem a necessidade de se manter as estradas bem estruturadas, com a plataforma de rolamento conservada, e um dos pontos para conseguir essa condição, é manter a estrutura do pavimento sem excesso de umidade. Os dispositivos de drenagem superficial têm o objetivo de captar as águas que caem sobre a plataforma de rolamento, sejam esses provenientes de chuvas, moradores, ou de qualquer outro modo possível, de maneira rápida e eficiente. Nesse sentido, o objetivo desse estudo foi discorrer sobre os efeitos adversos da umidade ao pavimento e suas camadas subjacentes. A metodologia utilizada foi revisão bibliográfica em livros, artigos e pesquisas relacionadas a área de estudo, também sendo analisadas em reportagens, o efeito causado ao usuário. Portanto, foi possível verificar que esses dispositivos têm seu funcionamento reduzido, por falta de conservação ou obstrução, ocasionando pontos de alagamento e conseqüentemente causando transtornos aos usuários, como aquaplanagem, perda de visão da pista, além de aumentar as chances de infiltração de água para as camadas subjacentes do pavimento, deteriorando sua estrutura.

Palavras-chave: drenagem superficial, pavimentos, patologia de pavimentos, mobilidade urbana.

ABSTRACT

Brazil has historically become a major user of road transport, either because of its ease of transporting its products along the country's north to south roads, or because it is a more economical and culturally rooted means of transport. Thus, the need to maintain well-structured roads with the running platform maintained, and one of the points to achieve this condition, is to maintain the pavement structure without excess moisture. Surface drainage devices are intended to capture water falling on the running surface, whether from rain, residents, or otherwise, quickly and efficiently. In this sense, the objective of this study was to discuss the adverse effects of moisture to the pavement and its underlying layers. The methodology used was a literature review in books, articles and research related to the study area, also being analyzed in reports, the effect caused to the user. Therefore, it was possible to verify that these devices have their functioning reduced due to lack of conservation or obstruction, causing flooding points and consequently causing inconvenience to users, such as aquaplaning, loss of runway vision, and increasing the chances of water infiltration to the underlying layers of the pavement, deteriorating its structure.

Keywords: *surface drainage, pavements, pavement pathology, urban mobility.*

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Valeta de corte seção trapezoidal	16
FIGURA 2 - Valeta de proteção trapezoidal	17
FIGURA 3 - Valeta de proteção quadrangular	17
FIGURA 4 - Varjeta de corte triangular	18
FIGURA 5 - Sarjeta de corte quadrangular	18
FIGURA 6 - Meio-fio-sarjeta conjugado	19
FIGURA 7 - Sarjetão	20
FIGURA 8 - Saída d'água	20
FIGURA 9 – Descida rápida d'água em planta e Corte AA	21
FIGURA 10 - Dissipador de energia em planta e corte	22
FIGURA 11 - Laje de grelha e Tubo de concreto	23
FIGURA 12 - Boca-de-lobo simples combinada com grelha de concreto	24
FIGURA 13 - Bueiro de greide	25
FIGURA 14 - Bacia de captação e vala de derivação	25
FIGURA 15 – Pontos com presença de umidade na Avenida José Rabelo de Souza na cidade de João Pinheiro, Minas Gerais	27
FIGURA 16 - Sarjetão em interseção da Av. Gerson Rios com a Rua Lindolfo Carneiro na cidade de João Pinheiro, Minas Gerais: A) Dispositivo em bom estado de conservação; B) Dispositivo com defeito de conservação	27
FIGURA 17 - Ondulação	29
FIGURA 18 - Afundamento de trilha de roda	29
FIGURA 19 - Panela com presença de água	30
FIGURA 20 - Trincamento tipo couro de jacaré	31
FIGURA 21 - Desgaste da superfície	31
FIGURA 22 - Fatores contribuintes	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 PROBLEMA	12
1.2 HIPÓTESES	12
1.3 OBJETIVOS	12
1.3.1 OBJETIVO GERAL	12
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.4 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO	12
1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO	13
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2 DISPOSITIVOS DE DRENAGEM SUPERFICIAL MAIS UTILIZADOS EM VIAS PAVIMENTADAS BRASILEIRAS	15
2.1 VALETA DE PROTEÇÃO DE CORTE	15
2.2 VALETA DE PROTEÇÃO DE ATERRO	16
2.3 SARJETA DE CORTE	17
2.4 SARJETA DE ATERRO	19
2.5 SARJETÕES	19
2.6 SAÍDA D'ÁGUA	20
2.7 DESCIDA D'ÁGUA	20
2.8 DISSIPADORES DE ENERGIA	21
2.9 TRANSPOSIÇÃO DE SEGMENTOS DE SARJETAS	22
2.10 CAIXA COLETORA E BOCA DE LOBO	23
2.11 BUEIRO DE GREIDE	24
3 IMPACTO DA UMIDADE NA ESTRUTURA DO PAVIMENTO	26
3.1 PATOLOGIAS RELACIONADAS À UMIDADE NOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	28
3.1.1 CORRUGAÇÃO E ONDULAÇÃO	28
3.1.2 AFUNDAMENTO	29
3.1.3 PANELAS	29
3.1.4 TRINCAMENTO	30
3.1.5 DESGASTE DA SUPERFÍCIE	31
4 INTERFERÊNCIAS DAS PATOLOGIAS NAS VIAS PAVIMENTADAS À MOBILIDADE URBANA	32
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

O Brasil historicamente e culturalmente é um país que utiliza abundantemente o transporte rodoviário, seja para fins de lazer, transporte de insumos ou viagens a trabalho. Segundo apuração realizada pela Confederação Nacional de Transportes (CNT, 2016), dos 1,72 milhões de quilômetros de malha rodoviária, apenas 12% (212.491 km) são de vias pavimentadas, o restante se divide em estradas não pavimentadas ou em estradas planejadas, que são as estradas que ainda estão em projeto, sem a devida execução.

Entre os anos de 2009 e 2017, quase uma década, as vias pavimentadas tiveram aumento desprezível, cerca de 0,5%. Em contrapartida, o crescimento da frota de automóveis no país cresceu de forma exponencial, em torno de 63,6%, passando de 59,361 para 98,201 milhões de veículos (CNT, 2018a).

Diante desse crescimento da frota de automóveis, é cada vez mais importante a evolução da infraestrutura, tanto no sentido da construção de novas vias pavimentadas, como na conservação das mesmas.

No entanto, a evolução da infraestrutura não acompanha o crescimento da frota, para Hajar e Lobo (2011), o país ainda carece de uma infraestrutura do mesmo nível das grandes potências, desta forma, são encontradas vias sem conservação ou com manutenção inadequada, levando à problemas na drenagem ou escoamento de água.

Sendo assim, visando maior conservação, segurança e usabilidade das vias pavimentadas, são implantados dispositivos de drenagem superficial, que conforme Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT, 2006), tem a finalidade de garantir o correto deságue, evitando ou reduzindo danos à funcionalidade e estrutura das estradas. Existem vários tipos de dispositivos que podem ser utilizados, sendo os mais comuns: sarjetas, sarjetões, bocas de lobo, descidas d'água e valetas.

Portanto, este estudo tem como objetivo discorrer sobre a importância dos dispositivos de drenagem superficial para amenizar o impacto da umidade na estrutura do pavimento, visando evitar possíveis patologias e buscando relatar a realidade dos usuários que acabam sendo prejudicados.

1.1 PROBLEMA

Diante da intensa mobilidade urbana em vias pavimentadas, qual a importância da conservação dos dispositivos de drenagem superficial e a implicação da umidade nas patologias apresentadas em pavimentos?

1.2 HIPÓTESES

- i. os dispositivos de drenagem superficial contribuem para a integridade do pavimento;
- ii. o excesso de umidade na estrutura do pavimento pode resultar em patologias;
- iii. a mobilidade urbana é prejudicada devido às patologias na plataforma dos pavimentos.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Discorrer sobre os efeitos do excesso de umidade ao pavimento e sua estrutura, em decorrência da deficiência do sistema de drenagem superficial implantado em vias pavimentadas, resultando em situações indesejadas aos usuários de uma via.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) apresentar os dispositivos de drenagem superficial mais usuais em vias pavimentadas brasileiras;
- b) apontar causas do excesso de umidade em vias pavimentadas;
- c) abordar sobre as consequências patológicas causadas pelo excesso de umidade em pavimentos asfálticos para a mobilidade urbana.

1.4 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

No Brasil, atualmente, o modal rodoviário é o mais utilizado, seja para comércio ou lazer. Para Hajar e Lobo (2011), problemas como falta de pavimentação,

condições precárias dentre outros defeitos atrapalham o desenvolvimento de caminhões, sendo necessária conservação rotineira para conseguir atender os usuários com total eficiência.

Conforme G1 (2019), o pavimento sem as devidas manutenções pode causar desconfortos aos usuários de uma via, desde financeiros à própria integridade física. Para evitar situações como essas são utilizados uma gama de dispositivos de proteção nos pavimentos.

Os dispositivos de drenagem superficial são de suma importância para evitar a ocorrência de pontos de alagamento. Com a utilização desses dispositivos é possível garantir maior conservação das vias pavimentadas, permitindo maior segurança aos usuários (DNIT, 2006).

Desta forma, nesse estudo serão relatados os efeitos patológicos apresentados, quando não é possível manter os dispositivos com total desempenho e funcionalidade.

1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO

O estudo em questão, consiste em uma pesquisa bibliográfica exploratória, que conforme Gil (2008) trata de uma aproximação do tema com a realidade do objeto de estudo.

O método utilizado para comprovar as hipóteses levantadas foi a revisão de informações em artigos, livros e pesquisas realizadas no ramo da engenharia civil.

Também foram apresentados exemplos de pontos conhecidos na cidade de João Pinheiro – Minas Gerais, cuja drenagem é inexistente, ineficiente ou está sofrendo obstrução. Nesses pontos, o impacto patológico ao pavimento foi comprovado por meio de fissuras, buracos, e afundamentos, que são decorrentes de situações de alagamento contínuo.

Além disso, foi relatado por meio de reportagens atuais, o quão prejudicial a ineficiência do sistema de drenagem superficial e um pavimento deteriorado se torna para as pessoas, levando em consideração as consequências financeiras, a redução na segurança e o conforto dos usuários de uma via pavimentada.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho em questão foi dividido em 05 (cinco) capítulos.

O primeiro capítulo consiste na Introdução do projeto de pesquisa, apresentando o problema, as hipóteses, os objetivos, a justificativa e a metodologia.

No segundo capítulo, estão apresentados os dispositivos de drenagem superficial, que tem como objetivo conduzir a carga hidráulica que cai sobre a plataforma, trazendo maior segurança aos usuários e integridade a estrutura do pavimento.

No terceiro capítulo, foi discutido sobre o impacto que a umidade em excesso traz nas camadas da estrutura do pavimento e suas possíveis consequências patológicas, trazendo situações reais da cidade de João Pinheiro – Minas Gerais.

No quarto capítulo foi abordado sobre o quanto prejudicial é, à mobilidade urbana de uma cidade, ter um pavimento degradado, causando estragos aos veículos e, expondo riscos a integridade física dos usuários.

O quinto capítulo consiste nas considerações finais sobre o trabalho, trazendo a análise sobre a situação encontrada em campo e comparando com as situações esperadas nas hipóteses.

2 DISPOSITIVOS DE DRENAGEM SUPERFICIAL MAIS UTILIZADOS EM VIAS PAVIMENTADAS BRASILEIRAS

Os dispositivos de drenagem superficial têm a finalidade de conduzir as águas da superfície para o local apropriado de descarga. Essas águas são provenientes de precipitações, moradores ou comércios.

Para melhor funcionalidade, esses dispositivos necessitam de boa conservação e, quando necessário, manutenção de maneira adequada. Desta forma, os principais dispositivos de drenagem superficial serão explanados com base em definições do Manual de Drenagem de Rodovias (DNIT, 2006a) e Caderno De Drenagem (DER-MG, 2013).

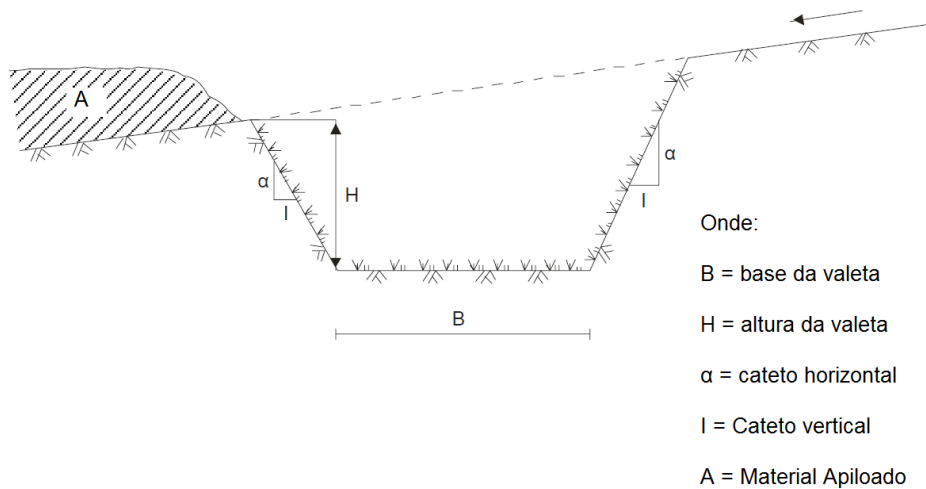
2.1 VALETA DE PROTEÇÃO DE CORTE

Tem seu objetivo interceptar as águas que escorrem pelo terreno natural a montante, impedindo-as de atingir o talude de corte. As valetas de proteção serão construídas em todos os trechos em corte onde o escoamento superficial dos terrenos adjacentes possa atingir o talude, comprometendo a estabilidade do corpo estradal. Deverão ser localizadas proximamente paralelas às cristas dos cortes, a uma distância entre 2,0 a 3,0 metros.

Poderão ser executadas em concreto, pedra arrumada, alvenaria ou vegetação. Quando feita em concreto, deverá apresentar uma resistência de 15 MPa aos 28 dias, e quando em pedra, deverá ser realizado argamassa de rejunte com solo cimento com traço 1:4.

Podem ser feitas nas formas geométricas triangular, quadrada e trapezoidal. A forma trapezoidal, representada na Figura 1, é a mais indicada devido a maior eficiência hidráulica.

Figura 1 - Valeta de corte seção trapezoidal.



Fonte: DNIT, 2006.

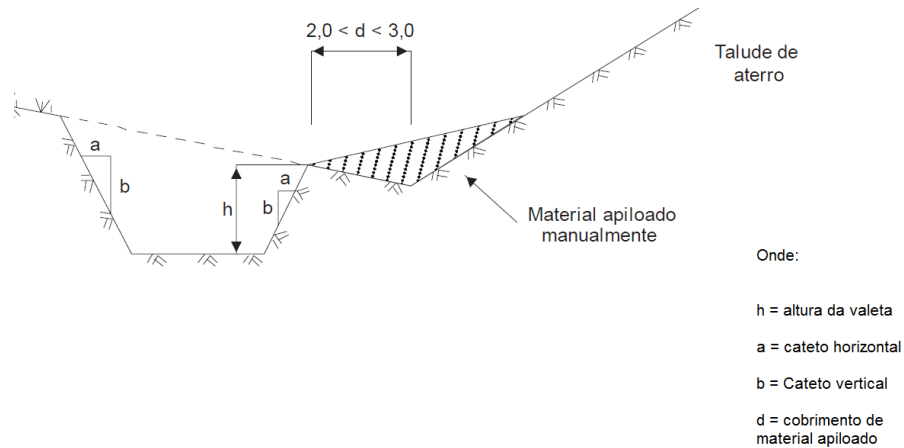
2.2 VALETA DE PROTEÇÃO DE ATERRO

São dispositivos que tem por finalidade evitar que a água permaneça estagnada no pé do aterro. Além disso, tem finalidade de receber as águas que são conduzidas pelas sarjetas e valetas de corte.

Devem ser posicionadas entre 2,0 a 3,0 metros do pé do talude. O material proveniente das escavações deve ser colocado entre a valeta e o pé do talude, com a função de suavizar a intercessão do talude e terreno natural.

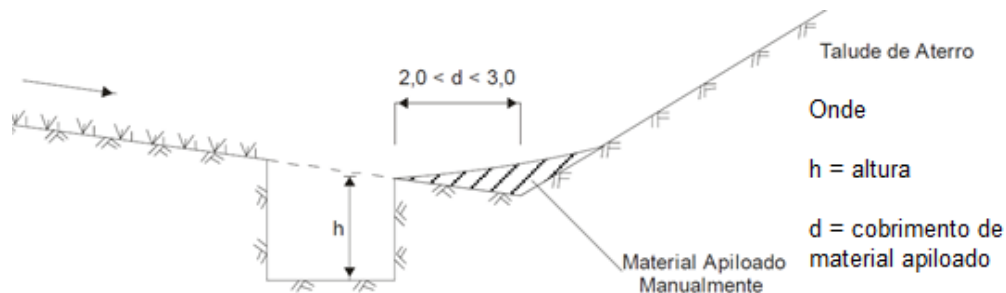
Podem ser executados em duas formas geométricas, sendo elas a trapezoidal, e a quadrangular, representadas respectivamente na Figura 2 e 3. Sendo possível executa-las em concreto, pedra arrumada, alvenaria ou vegetação.

Figura 2 - Valeta de proteção trapezoidal.



Fonte: DNIT, 2006.

Figura 3 - Valeta de proteção quadrangular



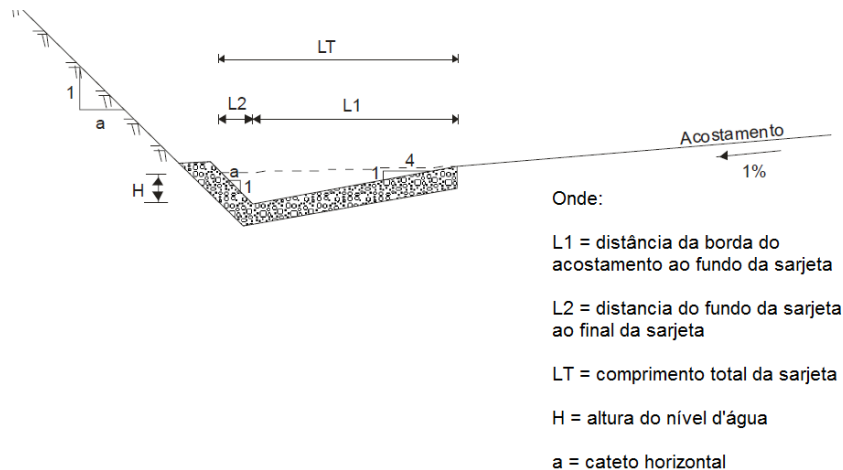
Fonte: DNIT, 2006.

2.3 SARJETA DE CORTE

Tem como objetivo conduzir as águas da plataforma ou taludes de forma segura, sem comprometer a trafegabilidade e causar danos estruturais ao pavimento. As águas conduzidas pelas sarjetas terão seu deságue em caixas coletoras de bueiro de greide, ou algum ponto de transição entre corte e aterro, permitindo sua saída lateral para o terreno natural.

Suas formas construtivas podem possuir diversos formatos, sendo o triangular bastante executado, devido sua razoável capacidade hidráulica e das chances de causar algum acidente serem menores, uma vez que a junção acostamento e dispositivo é mais suave, como apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Sarjeta de corte triangular.

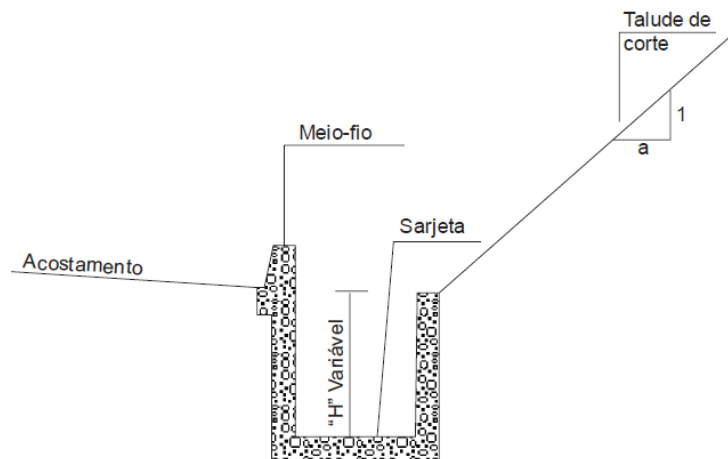


Fonte: DNIT, 2006.

Caso a necessidade de descarga não for atendida, deverão ser utilizadas as formas quadrangular ou trapezoidal. Esses formatos necessitam da construção do meio-fio para evitar que veículos desgovernados caiam nos dispositivos.

A forma quadrangular, representada na Figura 5, ainda possui a vantagem de ter sua profundidade aumentada ao decorrer do percurso.

Figura 5 - Sarjeta de corte quadrangular.



Fonte: DNIT, 2006.

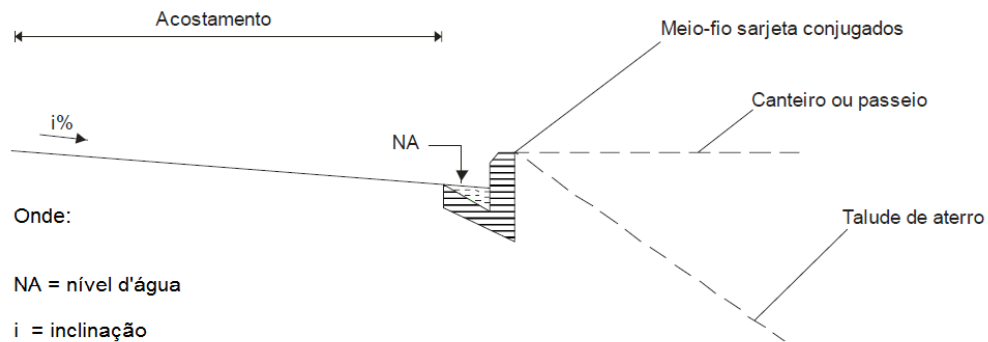
O revestimento das sarjetas pode ser realizado em concreto, alvenaria de tijolo, alvenaria de pedra argamassada, pedra arrumada revestida, pedra arrumada, revestimento vegetal. Por sua localização junto ao talude de corte, cuidados com erosão devem ser redobrados, sendo assim, sarjetas sem revestimento devem ser descartadas.

2.4 SARJETA DE ATERRO

Sua função é retirar as águas de maneira segura, não permitindo que causem erosão ao talude do aterro, ou a borda do acostamento. Por ela ser capaz de comprometer a segurança dos usuários, deve se ter cuidado especial com a forma e até mesmo onde são implantadas.

Suas duas formas mais adotadas são a de meio-fio-sarjeta conjugado e o meio-fio simples. Sendo o modelo conjugado, representado na Figura 6 o mais utilizado, e o meio-fio simples adotado quando se prevê pontos de possíveis alagamentos na plataforma.

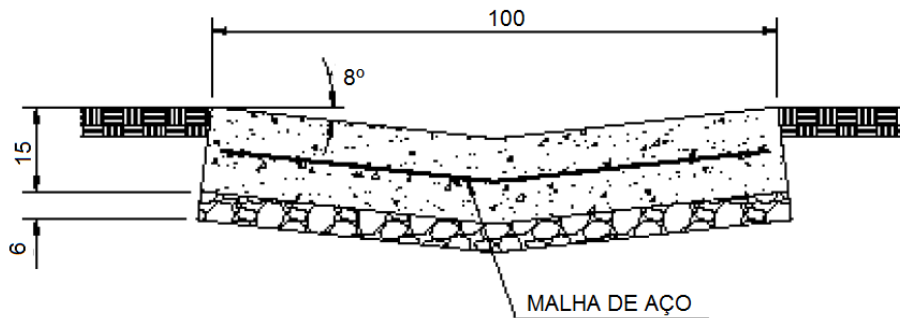
Figura 6 - Meio-fio-sarjeta conjugado.



Fonte: DNIT, 2006.

2.5 SARJETÕES

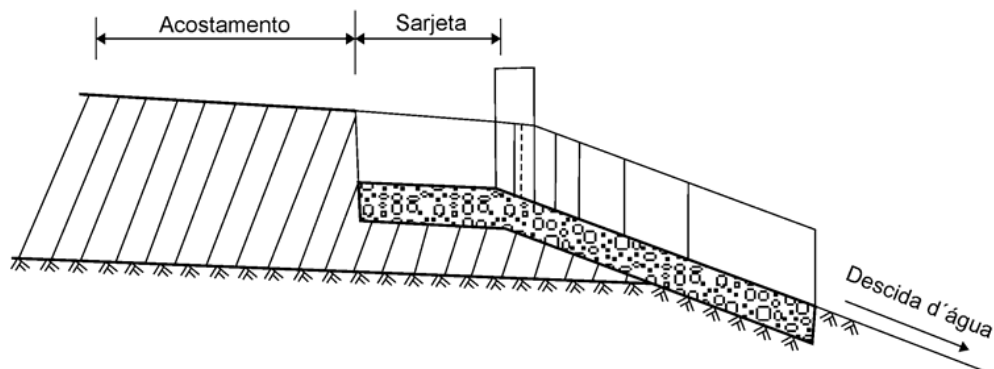
Assim como as sarjetas, os sarjetões (Figura 7) têm como intuito conduzir as águas superficiais que escoam pelo pavimento e acostamento. O volume hídrico transportado terá o deságue em outro dispositivo de drenagem, seja boca de lobo, saída d'água ou caixa coletora.

Figura 7 – Sarjetão.

Fonte: Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Porto Feliz, 2015.

2.6 SAÍDA D'ÁGUA

A saída de água, representada na Figura 8, tem como função receber a carga conduzida pelas sarjetas de forma segura para outro dispositivo, de maneira segura e rápida. São posicionadas em pontos do greide em que se tem a tendência a acumular um maior volume de água.

Figura 8 - Saída d'água.

Fonte: DNIT, 2006.

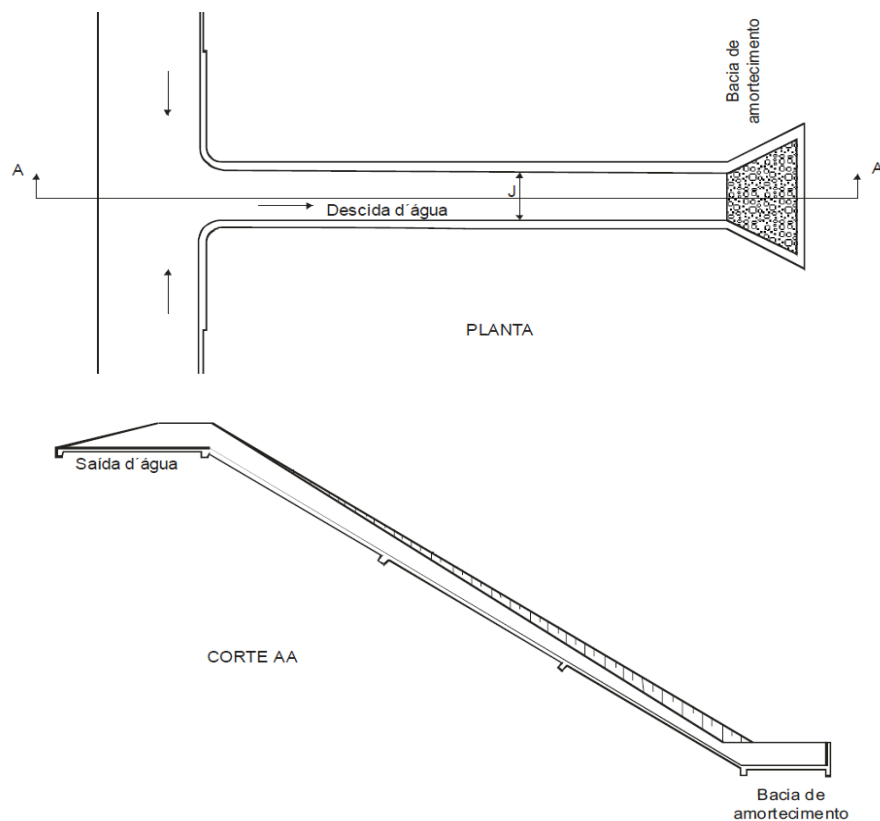
2.7 DESCIDA D'ÁGUA

Tem como finalidade conduzir as águas ao local correto de desagüe. Quando for água proveniente dos taludes de corte, será conduzida a sarjetas de corte ou à caixa coletora, evitando acúmulo de água no decorrer do trajeto. Caso seja em talude de aterro, a água será conduzida até o terreno natural.

Podem ser feitas em dois modelos, de descida rápida (Figura 9), ou com

degraus, que vai variar dependendo da velocidade máxima de escoamento suportada, evitando o aparecimento de erosão ou danificação da estrutura. Suas formas podem ter sua seção de vazão das seguintes maneiras: i) retangulares, calhas ou degraus; ii) semicircular em concreto ou metálica; iii) tubos de concreto ou metal.

Figura 9 – Descida rápida d'água em planta e Corte AA.



Fonte: DNIT, 2006.

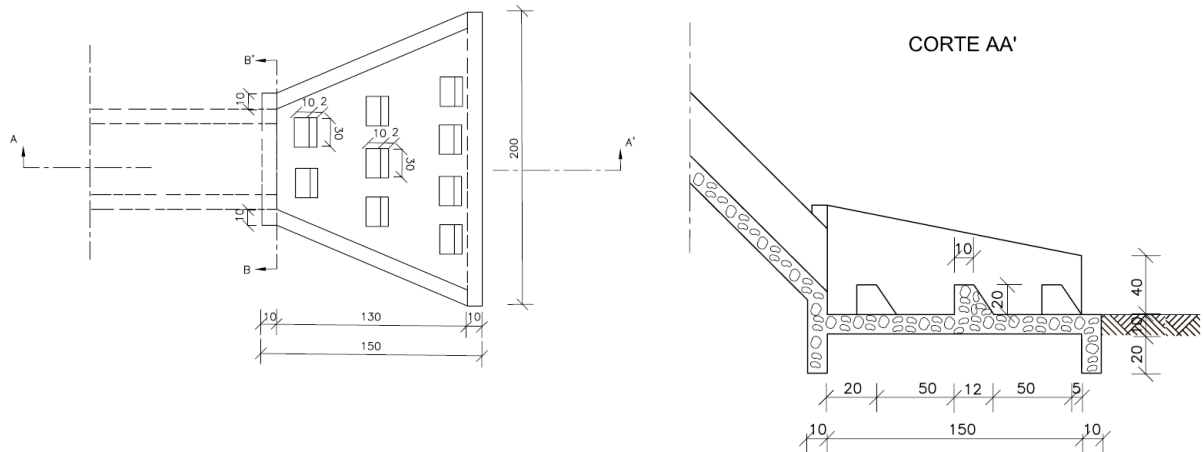
2.8 DISSIPADORES DE ENERGIA

Os dissipadores têm a função de minimizar a velocidade e energia que são concentrados por outros dispositivos de drenagem, sejam descidas d'água, valetas ou outro que venha a ganhar velocidade em seu corpo. Com isso, as chances de acontecer uma erosão no dispositivo ou na junção dele com o terreno natural são minimizadas.

Podem ser realizados com concretos, fazendo “dentes” no corpo do dispositivo, ou utilizando pedras de mão que vão reduzir a velocidade do fluxo. As descidas d'água tipo degrau, podem ser classificadas como dissipadores de energia.

A Figura 10 representa o dissipador de energia aplicável em descidas d'água de aterro tipo rápido.

Figura 10 - Dissipador de energia em planta e corte.

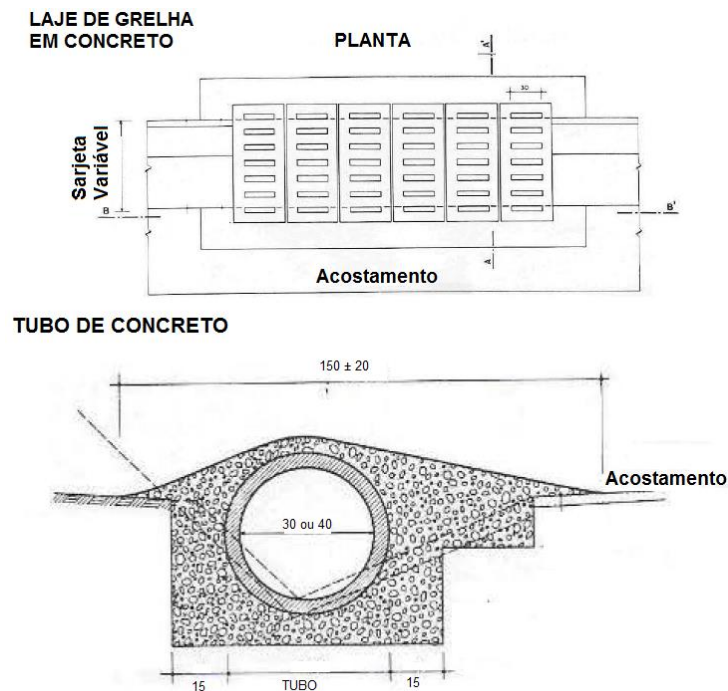


Fonte: DNIT, 2006.

2.9 TRANSPOSIÇÃO DE SEGMENTOS DE SARJETAS

Dispositivos que possuem a finalidade de dar continuidade ao fluxo de sarjetas quando se tem acessos laterais a propriedades. Se distinguem em dois grupos básicos, sendo eles as lajes de grelha, ou tubos de concreto, representados na Figura 11.

Figura 11 - Laje de grelha e Tubo de concreto.



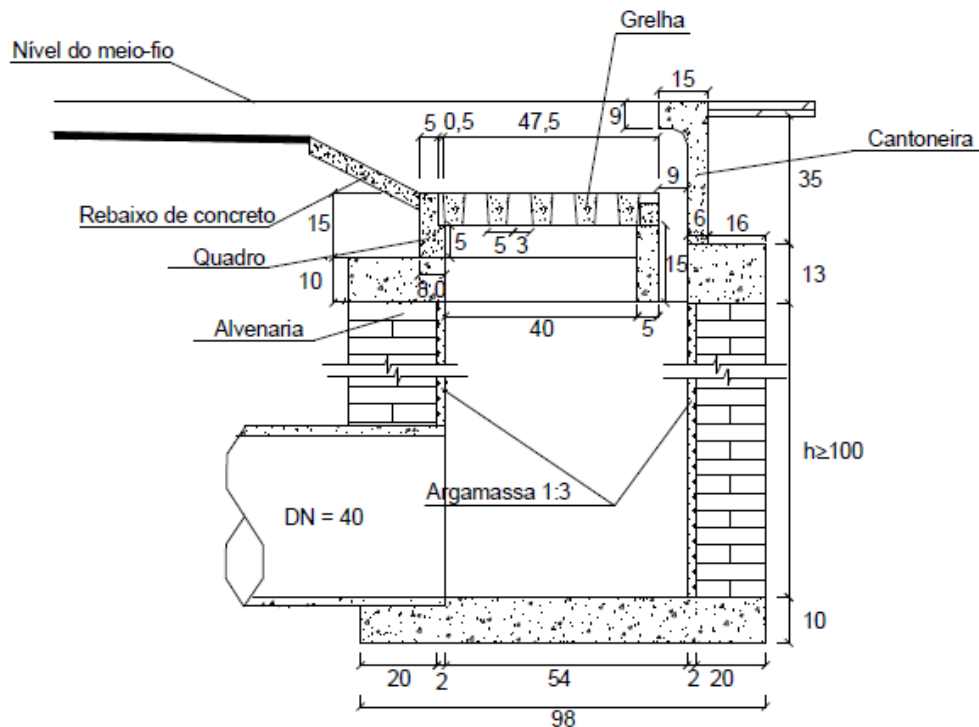
Fonte: Dispositivos de Drenagem Para Obras Rodoviárias, 2015.

2.10 CAIXA COLETORA E BOCA DE LOBO

A caixa coletora tem como principais objetivos coletar as águas conduzidas pelas descidas d'águas, de sarjetas de cortes e valetas, permitir a inspeção e manutenção dos condutos que passam por ela, e alterar dimensão, direção e inclinação de bueiros. Elas podem ser caixas coletoras, de inspeção ou de passagem, e seu fechamento ser com tampas, ou abertas.

As bocas de lobo, ilustradas na Figura 12, assim como as caixas coletoras tem como intuito de receber águas de outro dispositivo. No caso das bocas de lobo, o dispositivo em questão serão as sarjetas, uma vez que o ponto diferenciador dos dispositivos será a posição de implantação. Bocas de lobo são implantadas na própria sarjeta, onde fará a captação através de sua grelha.

Figura 12 - Boca-de-lobo simples combinada com grelha de concreto.



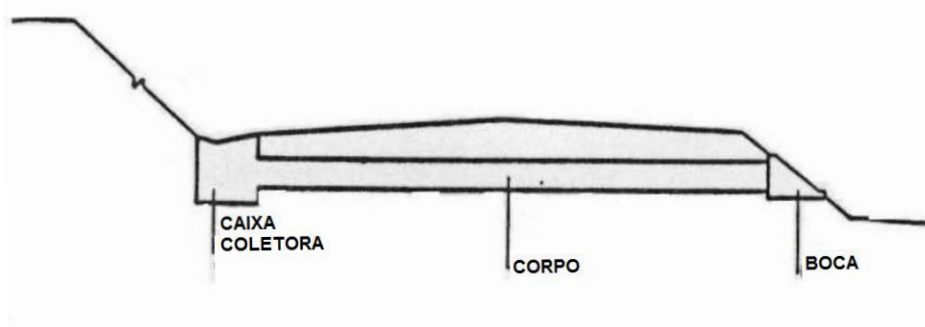
Fonte: DER-MG, 2013.

2.11 BUEIRO DE GREIDE

Trata-se de um conjunto de tubos de concreto simples ou armado, chapa metálica corrugada ou polietileno de alta densidade, que tem como finalidade transportar as águas concentradas nas caixas coletoras. Também podem ser implantados nos locais de transição corte/aterro, evitando o contato das águas das sarjetas com o terreno natural, com a finalidade de inibir o processo de erosão.

O bueiro de greide, representado na Figura 13, é constituído de três elementos, sendo eles a caixa coletora, o corpo e boca. A caixa, por estar ao lado da plataforma, geralmente possui tampa de grelha. O corpo seria composto de tubos de concreto, chapas metálicas ou polietileno. A boca será construída a jusante do terreno, essa necessita de criação de descida d'água com dissipador de energia, para evitar a danificação do terreno natural.

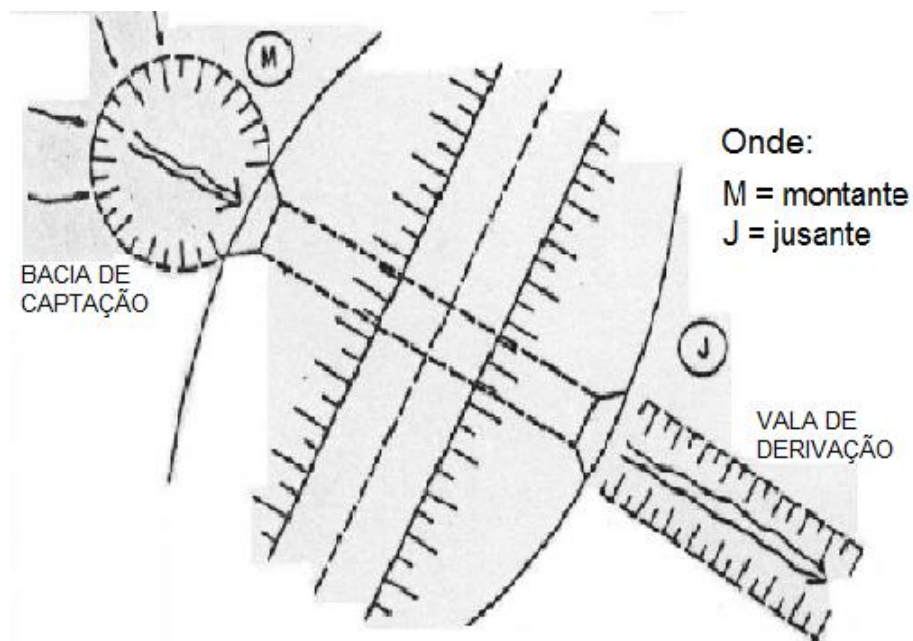
Figura 13 - Bueiro de greide.



Fonte: Dispositivos de Drenagem Para Obras Rodoviárias, 2015.

Alguns métodos construtivos são realizados para melhor funcionamento e conservação dos bueiros de greide. As bacias de captação e valas de derivação (Figura 14) são exemplos desses processos. As bacias de captação, são depressões rasas feitas a montante do bueiro e, tem como intuito ajudar a captação das águas pelas caixas coletoras. Já as valas de derivação são feitas a jusante, e vem para afastar rapidamente as águas que o transpor. Já um método construtivo que facilita manutenções seria o do diâmetro do próprio bueiro não ser tão estreito, possibilitando a entrada de operários para realizar limpezas, evitando entupimentos.

Figura 14 - Bacia de captação e Vala de derivação.



Fonte: Dispositivos de Drenagem Para Obras Rodoviárias, 2015.

3 IMPACTO DA UMIDADE NA ESTRUTURA DO PAVIMENTO

Patologias são defeitos que impossibilitam ou dificultam o uso de um corpo estradal. A existência de água livre nas camadas inferiores do perfil do pavimento pode vir a causar com o tempo problemas sérios à sua estrutura.

Conforme Azevedo (2007), as águas decorrentes de precipitações compreendem a maior fonte das águas penetrantes à estrutura do pavimento. As infiltrações se fazem em dois meios distintos, pela plataforma de rolamento ou pelas bordas.

A quantidade de fissuras e trincas, junto à intensidade das precipitações são as mais prováveis causas de infiltração pela plataforma, afirma Azevedo (2007). Já quando se trata da intensidade das chuvas, Tucci (2000) pontuou que chuvas torrenciais, com grande intensidade, tendem a ter um prazo mais curto de duração, e sua carga hídrica escoam pelo corpo do pavimento. Porém, as chuvas de menor intensidade, tem o tempo de ocorrência maior, deixando o pavimento em contato por mais tempo com água, assim favorecendo infiltrações, mesmo com a baixa taxa de permeabilidade do pavimento.

Conforme Pereira (2003), as infiltrações ocorridas pelas bordas dos pavimentos provem de dois mecanismos, sendo eles a variação da carga hidráulica, provocando o deslocamento da água, ou por capilaridade. Os pontos mais propensos a sofrerem infiltrações são os que possuem greides planos, ou pontos baixos de greides ondulados, visto a maior dificuldade de escoamento.

A água de chuva também pode infiltrar através de dispositivos de drenagem superficial como canaletas sem revestimento impermeável, principalmente em regiões de corte (PEREIRA, 2003).

Com isso, podemos analisar que ao ter dispositivos com baixa eficiência, se farão presentes pontos de alagamento com grande concentração de umidade, ampliando a possibilidade de haver infiltrações para as camadas estruturais do pavimento.

Situação exemplificada na Avenida José Rabelo de Souza, ilustrada na Figura 15, situada em João Pinheiro - MG, onde os pontos em que se faz presente a umidade por maior espaço de tempo, o pavimento manifesta patologias no ponto onde se é precário o sistema de drenagem superficial. E conseqüentemente se torna um local de infiltração pelas trincas da plataforma.

Figura 15 – Pontos com presença de umidade na Avenida José Rabelo de Souza na cidade de João Pinheiro, Minas Gerais.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Outro exemplo registrado na cidade de João Pinheiro ao observar a Avenida Gerson Rios (Figura 16), ressalta a importância dos dispositivos de drenagem superficial em boas condições, onde é nítida a diferença da qualidade da plataforma onde se tem dispositivos nas duas situações de conservação.

Figura 16 - Sarjetão em interseção da Av. Gerson Rios com a Rua Lindolfo Carneiro na cidade de João Pinheiro, Minas Gerais: A) Dispositivo em bom estado de conservação; B) Dispositivo com defeito de conservação.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

A Figura 16, a qual retrata a Avenida citada, mostra dois pontos do

mesmo dispositivo. A parte A, em bom estado de conservação, mostra a plataforma com uma melhor qualidade de uso. A parte B mostra um dispositivo que não consegue realizar seu objetivo, os buracos no corpo do dispositivo aumentam os pontos de infiltração, aumentando o teor de umidade das camadas inferiores.

Suzuki *et al.* (2013) pontuou que os efeitos negativos da água são um dos problemas mais significativos em relação a manutenção de uma rodovia. Por consequência é possível notar: a redução da capacidade de suporte e poropressões.

Conforme Suzuki *et al.* (2013) as poropressões podem ser definidas como pressões das águas, ocasionadas pelos impactos das rodas dos veículos, causando erosões e ejeção de materiais. Cedergren (1974) pontuou que as poropressões podem causar erosões, bombeamentos, desprendimentos de películas asfálticas de base e sub-base estabilizadas com o ligante betume.

Já o processo de perda de capacidade de suporte está ligado ao aumento e diminuição do teor de umidade, que provoca no solo a criação de vazios pela expansão. Esses vazios, antes ocupados por água, agora serão ocupados por ar, diminuindo sua capacidade de suporte, conseqüentemente o módulo de resiliência (AZEVEDO, 2007). A autora complementou que a lubrificação excessiva no contato grão-a-grão, resulta em elevados índices de deformações plásticas causadas por tráfegos pesados.

3.1 PATOLOGIAS RELACIONADAS À UMIDADE NOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

3.1.1 CORRUGAÇÃO E ONDULAÇÃO

Conforme o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006b) trata-se de uma falha caracterizada por ondulações transversais, de caráter plástico e permanente. Suas causas podem ser a instabilidade da mistura betuminosa da camada de revestimento e/ou a base de um pavimento, excesso de umidade das camadas subjacentes, contaminação da mistura asfáltica por materiais estranhos, retenção de água nas misturas asfálticas.

Ocorre devido ruptura por cisalhamento no revestimento ou na interface entre o revestimento e o material de base, ocasionado pelas cargas de tráfego. Normalmente apresentam-se nas regiões de aceleração ou de frenagem dos

veículos. Podem ocorrer em qualquer região da superfície, porém, com maior gravidade nas proximidades das trilhas de rodas.

Figura 17 - Ondulação.



Fonte: DNIT, 2003.

3.1.2 AFUNDAMENTO

Afundamentos são definidos como depressões na plataforma, de característica permanente e podendo apresentar ou não solevamento. Quando ocorrem com extensões até 6m são chamados de afundamentos locais. Quando ocorrem com extensões contínuas maiores, são conhecidos como afundamentos de trilhas de roda (DNIT, 2006b). A Figura 18 demonstra afundamento contínuo, sendo classificado como afundamento de trilha de roda.

Figura 18 - Afundamento de Trilha de roda.



Fonte: DER-PR, 2009.

3.1.3 PANELAS

As panelas (representadas na Figura 19), mais conhecidas por leigos como buracos, são cavidades que ocorrem na plataforma do pavimento podendo

chegar aos níveis inferiores da estrutura. São consequências de um processo avançado de degradação do pavimento, podendo diminuir a capacidade estrutural do mesmo, e em casos mais críticos são acompanhadas de erosão interna (SCHMIDT, 2016).

Figura 19 - Panela com presença de água.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Machado (2013) relata que as panelas são resultantes da desintegração localizada, sob a ação de tráfego e em presença de água após a ocorrência de trincas por fadiga ou desgaste e remoção de partes do pavimento. Segundo essa mesma autora, essa patologia ocorre com mais frequência em revestimento com pouca espessura ou baixa capacidade de suporte das camadas inferiores (falha estrutural); e podem aparecer em locais com segregação de material (falta de ligante em alguns pontos) ou com problemas construtivos (drenagem inadequada).

3.1.4 TRINCAMENTO

O Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006b) define a trinca como um defeito na plataforma que enfraquece o revestimento e permite a infiltração da água, provocando um enfraquecimento da estrutura. Uma vez iniciado, o trincamento, representado na Figura 20, tende a aumentar sua extensão e severidade conduzindo eventualmente a desintegração do revestimento.

Essa patologia pode assumir diversos tamanhos direções, sendo eles o “trincamento tipo bloco”, “couro de jacaré”, longitudinal, transversal, retração e parabólico.

Figura 20 - Trincamento tipo couro de jacaré.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

3.1.5 DESGASTE DA SUPERFÍCIE

O desgaste, ilustrado na Figura 21, é a perda de agregados e/ou argamassa fina do revestimento asfáltico. Caracteriza-se pela aspereza superficial anormal, com perda do envolvimento betuminoso e arrancamento progressivo dos agregado (DNIT, 2003).

Figura 21 - Desgaste da superfície.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Conforme Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos algumas prováveis causas para essa patologia são a execução da obra em condições meteorológicas desfavoráveis, sobrepressões hidrostáticas capazes de provocar o descolamento da película betuminosa.

4 INTERFERÊNCIAS DAS PATOLOGIAS NAS VIAS PAVIMENTADAS À MOBILIDADE URBANA

Com o grande crescimento populacional das cidades brasileiras, vem se tornando cada vez mais conturbado o dia-a-dia da população que utiliza o modal rodoviário no país, esse que conforme pesquisa da Fundação Dom Cabral (FDC, 2017) é responsável por 75% do escoamento da produção nacional.

Para Alves e Raia Junior (2000), o aumento do número de veículos, que tem sido considerado o meio mais eficiente de transporte, promove grandes alterações no sistema viário, se comparado aos outros modos. Os autores ainda colocam que, o aumento da frota de veículos gera dificuldades e problemas para a população, comprometendo o conforto e proporcionando a queda na qualidade de vida.

A política de mobilidade urbana tem como objetivo facilitar o fluxo das cidades. Segundo Barcelos e Silva (2018), mobilidade urbana está ligada a união de políticas de transportes com o intuito de favorecer à população o direito de ir e vir, de forma rápida, sem riscos a integridade física e de maneira eficiente. Conforme o Art. 1 da lei 12.587, essa conhecida como Lei da Mobilidade Urbana (2012), a mobilidade urbana tem como objetivo a integração entre os diferentes tipos de transportes e a melhoria da acessibilidade e mobilidade das pessoas e cargas no território do Município.

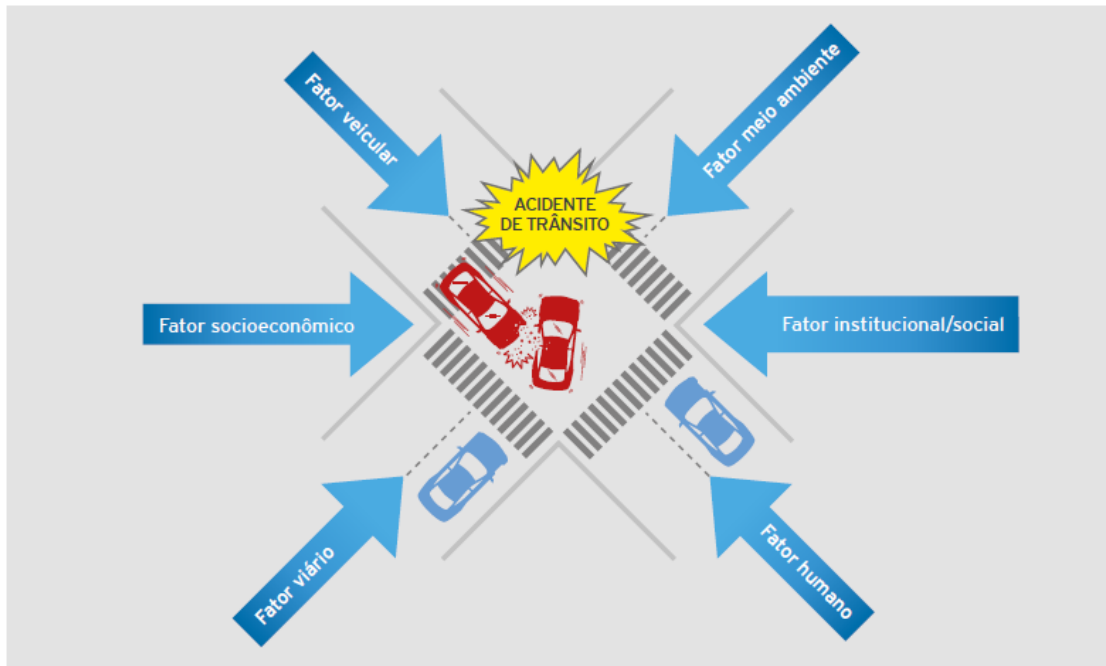
Conforme Piassarolo (2014), os seguintes fatores são geradores de acidentes e transtornos para população de certa região, congestionamentos, vias estreitas, manutenção insuficiente do pavimento, interseções inadequadas, falta de estacionamento, esses que ainda causam perda de tempo aos usuários.

Segundo Balbo (2007), ao proporcionar melhor rolamento em pistas pavimentadas, se proporciona ao usuário uma grande redução nos custos operacionais e de manutenções nos veículos.

Pensamento corroborado pelos dados da pesquisa realizada por técnicos do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) em conjunto com a Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (Geipot), apresentando na Revista CNT (2001), que a situação de degradação do pavimento aumenta em cerca de 58% o gasto em combustível, 38% o gasto em manutenções e 50% o risco de acidentes.

Conforme a revista Acidentes Rodoviários e a Infraestrutura (CNT, 2018b), os acidentes possuem fatores que contribuem para o surgimento desses acidentes e, em geral, não acontecem com a participação de apenas um dos fatores, mas sim da combinação dos mesmos (Figura 17).

Figura 22 - Fatores contribuintes.



Fonte: Acidentes Rodoviários e a Infraestrutura (CNT, 2018b).

Como apresentado na Figura 17, vários fatores contribuem para o acontecimento de acidentes. O fator viário é compelido em 4 fatores, sendo eles o Pavimento, Sinalização, Geometria da Via e Pontos Críticos, sendo que os fatores Pavimento e Pontos Críticos estão diretamente ligados a qualidade da pista.

Conforme CNT (2018b), a presença de buracos, ondulações e afundamentos contribuem para instabilidade do veículo, causando golpes e trepidações para o condutor e passageiros. Os autores ainda citam situações em que, o condutor ao desviar de uma sequência de buracos, ou de um grande, acaba perdendo o controle e se chocando com outros veículos.

Acidentes decorrentes da presença de buracos foram registrados na cidade de Ribeirão Preto – SP, onde, motociclistas tiveram lesões corporais, prejuízos financeiros em seus veículos, condutores pneus furados (G1, 2019). Em outra cidade paulista, dessa vez, em Valinhos, os condutores relataram que o acúmulo de buracos nas vias da cidade tira a segurança das vias com o risco de

colisões ao desviar de buracos, além dos prejuízos com pneus furados e rodas trincadas (G1, 2018).

Outro fator que compromete a segurança de quem trafega as rodovias é o risco da aquaplanagem que, conforme Soares *et al.* (2016) um grande número de acidentes ocorre em épocas de alto índice pluviométrico, onde é nítido o efeito de aquaplanagem nas pistas, em que essa água empoçada diminui o atrito entre pneus e pavimento, fazendo o condutor perder o controle do automóvel.

Em 2019, um acidente com dois casos de aquaplanagem deixou uma vítima fatal e dois feridos na rodovia SP-425, quando o primeiro carro aquaplanou e bateu em uma sarjeta. Ao descer para acionar socorro e verificar o que havia ocorrido, foi atropelado pelo segundo carro que, após sofrer aquaplanagem, perdeu o controle o atingindo e batendo em um barranco (G1, 2019).

Portanto, essas situações demonstram a importância de uma boa conservação do pavimento e de seus dispositivos de drenagem.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer desse estudo foi discutida a importância de um bom sistema de drenagem superficial, analisando suas implicações econômicas, a segurança e a mobilidade urbana de uma região.

Com isso, foram apresentados os dispositivos de drenagem superficial para pavimentos flexíveis, esses que tem como finalidade conduzir as águas de forma segura, causando o menor dano possível ao pavimento, tendo em vista que a água em contato constante com o pavimento traz complicações a todas suas camadas, desencadeando patologias, mesmo que em longo prazo.

Com as pesquisas em campo, foi possível verificar que a ineficiência do sistema de drenagem superficial acarreta em efeitos negativos a sua plataforma e, faz com que os defeitos apresentados naquele ponto específico sejam intensificados, causando mais transtornos aos usuários.

Porém, as patologias citadas neste trabalho, não são exclusivas a pontos onde os dispositivos de drenagem se apresentam em estados precários. Locais onde se apresentam grande fluxo de veículos tendem a apresentar, por exemplo, desgastes da superfície.

Outro fator constatado com a pesquisa foi a grande interferência à mobilidade que as patologias podem ocasionar. Aumento do tempo de percurso, quedas, batidas, dentre outras situações que acarretam prejuízo financeiro aos usuários, como pneus furados, rodas trincadas e amortecedores estourados.

Sendo assim, pode ser constatado que, os dispositivos de drenagem superficial, têm grande importância para a conservação de um pavimento flexível, e que, essa boa conservação trará um fluxo mais fluido para o trânsito de uma cidade, causando menos stress e riscos aos usuários.

REFERÊNCIAS

ALVES, Priscilla; RAIÁ JUNIOR, Archemedes Azevedo. **Mobilidade urbana e Acessibilidade Urbana Sustentáveis: A gestão de mobilidade no Brasil**. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos- UFSCar. São Paulo, 2000. Disponível em: <<http://www.ambiente-augm.ufscar.br/uploads/A3-039.pdf>>. Acesso em 01 Out de 2019.

AZEVEDO, Angela Martins. **Considerações sobre a drenagem subsuperficial na vida útil dos pavimentos rodoviários**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007. doi:10.11606/D.3.2007.tde-14012008-115049. Acesso em: 26 Out de 2019.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. Ed. Oficina de Textos. São Paulo, 2007.

BARCELOS, Leonardo Rocha; SILVA, Nayara Ribeiro da. **Mobilidade urbana no Brasil: um direito social**. Belo Horizonte, 2018.

BBC Brasil. **Crise revela dependência de transporte rodoviário que é 'mais barato e dá voto'**. Londres, 2018. Disponível em <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-44247460>; Acesso em: 07 de Mai de 2019.

Brasil (2012). **Lei nº 12.587, de 3 de janeiro 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/civil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm>. Acesso em: 29 jun. 2017.

CNT - Confederação Nacional dos Transportes. **Pesquisa rodoviária**. Brasília, 2016. Disponível em <http://pesquisarodovias.cnt.org.br/>. Acesso em 10 de Fev 2019.

CNT - Confederação Nacional dos Transportes. **Anuário CNT do Transporte**. Brasília, 2018a. Disponível em: <http://anuariodotransporte.cnt.org.br/2018/>. Acesso em 20 de Mai 2019.

CNT - Confederação Nacional dos Transportes. **Acidentes rodoviários e infraestrutura**. Brasília, 2018b

CEDERGREN, Harry R. **Drainage of Highway and Airfield Pavements**. 1974

COPPEAD - Instituto de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração. **Transporte de cargas no Brasil**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000.

DE CASTRO, Antônio Luiz Coimbra; CALHEIROS, Lélío Bringel. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres – Cobrade**. Esplanada dos Ministérios - Bloco E, 2012.

DER - MG - Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais. **Caderno de Drenagem: Projeto Padrão**. Diretoria de Projetos - DER/MG. Belo Horizonte, 2013.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual De Drenagem De Rodovias**. Rio de Janeiro, 2006a.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia**. Rio de Janeiro, 2003.

FDC - Fundação Dom Cabral. **Custos Logísticos no Brasil**. São Paulo, 2017; Disponível em: <https://www.fdc.org.br/conhecimento-site/nucleos-de-pesquisasite/Materiais/pesquisa-custos-logisticos2017.pdf>. Acesso em: 07 Mai 2019.

G1 Presidente Prudente. **Dupla aquaplanagem de veículos leva a atropelamento e morte de motorista na Rodovia Assis Chateaubriand**. São Paulo, 2019. Disponível em : <https://g1.globo.com/sp/presidente-prudente-regiao/noticia/2019/02/19/dupla-aquaplanagem-de-veiculos-leva-a-atropelamento-e-morte-de-motorista-na-rodovia-assis-chateaubriand.ghtml> . Acesso em: 15 de Out de 2019

G1 Ribeirão Preto e Franca. **Motociclistas ficam feridos em acidentes causados por buracos em avenidas de Ribeirão Preto, SP**. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/ribeirao-preto-franca/noticia/2019/05/02/motociclistas-ficam-feridos-em-acidentes-causados-por-buracos-em-avenidas-de-ribeirao-preto-sp.ghtml> Acesso em: 14 de Out de 2019.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4º edição . ed. São Paulo: Atlas S.A, 2008.

HIJJAR, Maria Fernanda; LOBO, Alexandre. **Cenário Da Infraestrutura Rodoviária No Brasil**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <https://www.ilos.com.br/web/cenario-da-infraestrutura-rodoviaria-no-brasil/>. Acesso em: 06 de Nov de 2019.

JABÔR, Marcos Augusto. **A importância da drenagem de pavimento na rodovia**. 36a Reunião Anual de Pavimentação, 2005.

Jornal da EPTV 2ª Edição. **Acúmulo de buracos causa prejuízo a motoristas e risco de acidentes em Valinhos**. São Paulo, 2019. Disponível em : <https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/noticia/acumulo-de-buracos-causa-prejuizo-a-motoristas-e-risco-de-acidentes-em-valinhos.ghtml>. Acesso em 14 de Out de 2019.

Machado, Denise Maria Camargo. **Avaliação de Normas de Identificação de Defeitos para Fins de Gerência de Pavimentos Flexíveis**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia de Transporte, Escola de Engenharia, Universidade de São Carlos. São Carlos, 2013.

PEREIRA, Antonio Carlos Oquendo. **Influência da drenagem subsuperficial no desempenho de pavimentos asfálticos**. São Paulo, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, doi:10.11606/D.3.2003.tde-27062007-191216. Acesso em: 18 de out de 2019.

PIASSAROLO, Andressa Coelho. **Mobilidade Urbana: as dificuldades enfrentadas pela sociedade com o aumento da frota de veículos na cidade de**

Cacoal/RO. Rondônia, 2014. Disponível em: <http://www.ri.unir.br/jspui/bitstream/123456789/1143/2/ARTIGO%20VERSAO%20FINAL.pdf>. Acesso em : 24 de Out de 2019.

POMPÊO, Cesar Augusto. **Drenagem urbana sustentável.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 5, n. 1, p. 15-23, jan./mar. 2000.

PREGO, Atahualpa Schmitz da Silva. **A memória da pavimentação no Brasil.** Rio de Janeiro, 2001.

SCHMIDT, Melissa. **Estudo de patologias em pavimentos asfálticos na cidade de Santa Maria – RS.** Dissertação (Graduação) - Curso de Engenharia Civil. Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2016.

SOARES, Bruno Henrique Simão; ARAUJO, Fábio Luis Neves; JUNIOR, Maurides Paulo Dutra. **Diferentes tipos de dosagens da camada porosa de atrito utilizando nano fibras de grafeno.** Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC. Foz do Iguaçu-PR, 2016.

SUZUKI, Carlos Yukio; AZEVEDO, Angela Martins; KABBACH JÚNIOR, Felipe Issa. **Drenagem Subsuperficial de Pavimentos: Conceitos e Dimensionamento.** Oficina de Textos. São Paulo, 2013.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Hidrologia- Ciência e Aplicação.** Editora UFRGS. Porto Alegre, 2000.