

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DANILO FERREIRA CAMARGO

LUCAS ALVES GOMES

**ANÁLISE DE ADEQUAÇÃO EM PROJETO RODOVIÁRIO COM
SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO E DRENAGEM. ESTUDO DE CASO:
PASSAGEM DE EDILÂNDIA.**

ANÁPOLIS/GO 2017

DANILO FERREIRA CAMARGO

LUCAS ALVES GOMES

**ANÁLISE DE ADEQUAÇÃO EM PROJETO RODOVIÁRIO COM
SERVIÇOS DE PAVIMENTAÇÃO E DRENAGEM. ESTUDO DE CASO:
PASSAGEM DE EDILÂNDIA.**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO
AO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA
UNIEVANGELICA**

ORIENTADOR: ISA LORENA S. RIBEIRO

ANÁPOLIS/GO 2017

DANILO FERREIRA CAMARGO

LUCAS ALVES GOMES

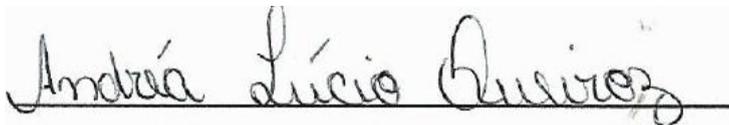
**Análise De Adequação Em Projeto Rodoviário Com Serviços
De Pavimentação E Drenagem. Estudo De Caso Passagem De
Edilândia.**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
BACHAREL**

APROVADO POR:



**ISA LORENA S. BARBOSA, Mestra (UniEvangélica)
(ORIENTADORA)**



**ANDRÉA LÚCIO QUEIROZ, Esp. (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**



**RODOLFO R. DE SOUSA BORGES, Esp. (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 27 de Novembro de 2017.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus em primeiro lugar, pois sem Ele esse sonho não seria possível e graças a Ele se tornou realidade. Agradeço Aos meus pais, que não mediram esforços para que eu pudesse chegar aqui e que me deram todo apoio que precisei; aos meus colegas e professores que participaram do meu processo de graduação e a todos que contribuíram de alguma forma para que esse dia chegasse

“Que diremos, pois, a estas coisas? Se Deus é por nós, quem será contra nós? Aquele que nem mesmo a seu próprio filho poupou, antes o entregou por todos nós, como não nos dará também com ele todas as coisas?”

(Romanos 8: 31-32)

“Mas em todas estas coisas somos mais que vencedores, por aquele que nos amou.”
(Romanos 8: 37)

Danilo Ferreira Camargo

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por estar sempre ao meu lado e ser o centro dessa vitória. Agradeço à minha família por me apoiar e me dar forças para vencer essa batalha.

À minha orientadora Isa Lorena S. Barbosa, pelo tempo dedicado durante o processo de realização deste trabalho.

Aos meus pais, por todo o amor, educação, ensinamentos e apoio.

E, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, de forma direta ou indireta, fica registrado aqui o meu agradecimento!

“Eu tenho fé, que um dia vão ouvir falar de um cara que era só um Zé“

(O rappa, 2008)

Lucas Alves Gomes

RESUMO

Para a construção de uma rodovia a primeira etapa do processo construtivo é a terraplanagem que consiste na preparação do solo de maneira que esse possa receber toda a estrutura do pavimento. Ela é a base de todo o processo a qual viabiliza a edificação de rodovias em terrenos que possuem configurações desfavoráveis possibilitando assim o acesso a lugares antes inacessíveis. Após a execução da terraplanagem pode se dar início à execução do pavimento. Esse processo é realizado em camadas onde cada uma exerce a sua função estrutural e contribui para o seu bom funcionamento. A execução correta durante esse processo garante que o pavimento suporte as tensões que serão aplicadas e que resista aos fatores climáticos. Em relação aos fatores climáticos e naturais, a melhor maneira de garantir a preservação do pavimento é através de um sistema de drenagem eficiente. Chuvas intensas e um lençol freático próximo à superfície são fatores que agridem a estrutura do pavimento e causam a maior parte das patologias encontradas desde a camada de rolamento até o reforço do sub-leito. Através de um estudo realizado no distrito de Edilândia foi identificado o excesso de umidade na estrutura da rodovia que comprometeu a integridade do pavimento, gerando assim diversos problemas estruturais. A solução encontrada foi a reestruturação do sistema drenante.

PALAVRAS-CHAVE:

Pavimento flexível. Dreno. Camada. Revestimento.

ABSTRACT

For the construction of a highway, the first stage of the construction process is the earthwork that consists of the preparation of the ground so that it can receive the whole structure of the pavement. It is the basis of the whole process which makes it possible to build highways on land that has unfavorable configurations, thus allowing access to previously inaccessible places. After the earthwork is executed, the execution of the pavement can begin. This process is carried out in layers where each one performs its structural function and contributes to its proper functioning. Correct execution during this process ensures that the pavement will withstand the stresses that will be applied and the climatic factors. In relation to climatic and natural factors, the best way to guarantee the preservation of the pavement is through an efficient drainage system. Heavy rains and a groundwater table close to the surface are factors that attack the pavement structure and cause most of the pathologies found from the rolling layer to the reinforcement of the sub-bed. Through a study carried out in the district of Edilândia, the excess humidity was identified in the highway structure, which compromised the integrity of the pavement, thus generating a number of structural problems. The solution found was the restructuring of the drainage system.

KEYWORDS:

Flexible pavement. Drain. Layer. Coating.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Caminhão Truck Basculante	16
Figura 2 – Trator de esteira.....	16
Figura 3 – Motoniveladora	17
Figura 4 – escarificação do solo.	17
Figura 5 – Usina de pavimento fixa.....	19
Figura 6 – Usina de asfalto móvel.	19
Figura 7 – Estrutura do pavimento.	21
Figura 8 – Vibroacabadora	23
Figura 9 – Drenagem por talwegues	24
Figura 10 – Drenagem Superficial.....	25
Figura 11 – Dreno longitudinal raso	25
Figura 12 – Dreno Longitudinal	26
Figura 13 – Afundamento	28
Figura 14 – Ondulação.....	28
Figura 15 – Escorregamento	29
Figura 16 – Desgaste.....	30
Figura 17 – Panelas.....	31
Figura 18 – Remendos	31
Figura 19 – Mapa de localização	32
Figura 20 – Patologias existentes no trecho.....	33
Figura 21 – Espinha de peixe.....	34
Figura 22 – Dreno Longitudinal	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BR	Informante brasileiro
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado à Quente
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
GO	Goiás
LTDA	Limitada
PI	Projeto Inicial

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Justificativa	12
1.2	Objetivos.....	13
1.2.1	Objetivo Geral	13
1.2.2	Objetivo Especifico	13
1.3	Metodologia	13
2	TERRAPLANAGEM	14
2.1	- Execução de terraplanagem – Serviços preliminares.....	14
2.1.1	- Instalação do canteiro de obras.....	14
2.2	Maquinário utilizado na limpeza.....	15
3	PAVIMENTAÇÃO	18
3.1	Pavimento flexível.....	18
3.1.1	Tipos de revestimento asfáltico	20
3.1.2	Camadas do Pavimento.....	20
3.1.2.1	Sub-leito.....	21
3.1.2.2	Reforço do Sub-leito	21
3.1.2.3	Sub-base.....	21
3.1.2.4	Base.....	22
3.1.2.5	Revestimento	22
3.1.3	Etapas do serviço	22
3.1.3.1	Preparo da base	22
3.1.3.2	Compactação da Base	22
3.1.3.3	Lançamento da mistura asfáltica.....	22
3.1.3.4	Compactação do asfalto.	23
4	DRENAGEM	24
4.1	Drenagem de Talvegues	24
4.2	Drenagem superficial.....	24
4.3	Drenagem estrutural ou de pavimento.	25
4.4	Dreno Profundo.	26
5	PATOLOGIAS.....	27
5.1	Fendas	27
5.2	Afundamento.....	27
5.3	Ondulação ou Corrugação	28

SUMÁRIO

5.5	Desgaste	29
5.6	Panelas	30
5.7	Remendos	31
6	ESTUDO DE CASO - PASSAGEM DE EDILÂNDIA	32
6.1	Solução	33
6.1.1	Dreno em Espinha de Peixe	33
6.1.2	Colchão Drenante	34
6.1.3	Dreno Longitudinal.....	34
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36

1 INTRODUÇÃO

As obras de terra em larga escala são executadas desde os primórdios. Civilizações antigas como os povos egípcios e babilônios já utilizavam feitos notáveis nesse campo. (AFONSO, 2012)

Os egípcios estabeleceram a sua civilização às margens do rio Nilo e utilizavam dessas obras como canais de irrigação. As pirâmides são exemplos de construções onde milhares de metros cúbicos de rocha eram escavados e transportados sobre vias de lajões. (AFONSO, 2012)

Com base na utilização da terraplanagem por essas civilizações, pode se observar a importância que ela desempenhou no desenvolvimento das mesmas, e nos dias de hoje continua sendo importante para o desenvolvimento da sociedade (Afonso,2012).

A terraplanagem é uma etapa indispensável para a implantação de pavimento flexível, nessa fase se faz a preparação do solo para receber uma plataforma adequada ao uso de veículos. (VIEIRA, 2010).

De acordo com MOURA (2009), observar a história da pavimentação pode se perceber que ela esta ligada diretamente à história da humanidade, sendo parte fundamental no povoamento dos continentes, imprescindível em conquistas territoriais e no estabelecimento comercial entre diferentes regiões. Nos dias de hoje, podemos observar que a urbanização está intimamente ligada à pavimentação, tendo em vista que quanto mais desenvolvida a área urbana maior é a área pavimentada.

1.1 Justificativa

O desenvolvimento socioeconômico de um país está diretamente ligado ao conjunto de vias que interligam seus polos econômicos, possibilitando assim uma relação social, cultural e econômica.

O transporte rodoviário é o principal meio pelo qual as indústrias desenvolvem suas relações comerciais, sendo assim, as vias pavimentadas funcionam como as veias e artérias do corpo humano, possibilitando o escoamento de todo tipo de produto por todo um país. Tendo em vista a importância da pavimentação para a sociedade, o tema desse trabalho visa realçar e detalhar todo o processo, desde a terraplanagem até a execução final do processo de pavimentação.

Levando em consideração a importância das rodovias e o papel desempenhado por elas, no caso estudado pode-se constatar que a drenagem é um processo fundamental para a preservação da estrutura do pavimento, tendo em vista que as principais patologias encontradas no mesmo estão diretamente relacionadas ao excesso de umidade decorrente de chuvas ou da

proximidade do lençol freático.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral é acompanhar e analisar as etapas executivas de terraplanagem, pavimentação e drenagem de uma rodovia federal.

1.2.2 Objetivo Específico

- Estudar as particularidades das camadas de revestimentos e os tipos de solos da região do município de Edilândia.
- Acompanhar as etapas de terraplanagem, pavimentação e drenagem.
- Reconhecer a utilidade do maquinário em cada etapa de execução.
- Analisar os métodos executivos de pavimento flexível para obras rodoviárias de acordo com as normas vigentes.
- Descrever as dificuldades executivas das obras rodoviárias no momento da execução.
- Analisar os problemas apresentados no pavimento e suas implicações.
- Apresentar a solução dos problemas decorrentes do excesso de umidade.

1.3 Metodologia

Foi realizado uma pesquisa de caráter descritivo com o propósito de analisar e descrever os métodos e conceitos utilizados para o processo construtivo de uma rodovia, desde a terraplanagem, passando pela implantação dos drenos até a finalização do capeamento asfáltico, onde o estudo de caso foi feito com base em relatórios fornecidos pela empresa cotada para a execução da obra, tendo em vista que esse caso específico se limita à revitalização da passagem urbana e a reestruturação do sistema de drenagem da rodovia.

As informações apresentadas neste trabalho foram obtidas por fonte primária - relatório fornecido pela empresa responsável pela obra - e fontes secundárias - manual do DNIT e artigos escritos por especialistas.

2 TERRAPLANAGEM.

Segundo Almeida (2006), a terraplanagem é a arte de mudar intencionalmente a configuração de um terreno. Ao planejar uma obra de terraplanagem, deve-se levar em consideração alguns fatores que influenciam no projeto, conforme citados a seguir.

Fatores naturais: Regime de chuvas, natureza do solo, altitude, topografia, capacidade de suporte a ação de cargas e granulometria do terreno (ALMEIDA, 2006).

Regime de chuvas: Chuvas de até 5 milímetros em 10 dias por mês acarretam em 50% de paralisação da obra, sendo que no inverno é previsto uma média de 15% de paralisação. É aconselhável utilizar equipamentos com esteira nas regiões com mais de 3.000 milímetros por ano (ALMEIDA, 2006).

Fator econômico: Custo unitário do M³.

Fatores de projeto: Empolamento, peso, volume a ser movido, dimensões das plataformas, rampas e a distância de transporte. O volume normalmente é medido no corte, ele aumenta ao ser escavado, ocorrendo um fenômeno chamado de empolamento. Esse volume é transportado ao aterro, passando pelo processo de compactação, assim o material estará com volume compactado (ALMEIDA, 2006).

2.1 Execução de terraplanagem – Serviços preliminares.

2.1.1 Instalação do canteiro de obras.

Para a instalação do canteiro de obras é necessário localizar o local mais próximo do lugar onde vai ser executado o serviço. O canteiro é composto por escritório, almoxarifado, oficina, alojamento e refeitório. (ALMEIDA, 2006).

Escritório: Coleta de dados, classificação, ordenação e cálculo de despesas por categoria (ALMEIDA, 2006).

Almoxarifado: Responsável pela compra e distribuição dos matérias, como matérias de consumo, matérias de aplicação e materiais permanentes (ALMEIDA, 2006).

Oficina: Para reparos rápidos, manutenção preventiva, de acordo com as indicações deve ter 36m² por máquina em serviço. Fazer o controle de utilização das máquinas, controlando as horas trabalhadas, paradas para reparo e também por fatores climáticos (Chuva) (ALMEIDA, 2006).

Sendo uma obra de grande escala, o transporte e comunicação são fatores fundamentais para o bom andamento da obra (ALMEIDA, 2006).

Transporte: Geralmente são feitos em ônibus ou em caminhões abertos com bancos fixos, sempre de acordo com a segurança necessária (ALMEIDA, 2006).

Comunicação: Geralmente em obras de pequeno e grande porte, a comunicação interna utiliza os sistemas de walk-talkies (ALMEIDA, 2006).

Transporte de equipamento e maquinário: Máquinas de esteiras são transportadas por carretas e normalmente as máquinas que utilizam pneus trafegam pela via, dependendo da distância em que se localiza a obra. Quando o maquinário necessita trafegar em uma via federal (BR) ou estadual (GO), necessita de autorização dos órgãos rodoviários, utilizando sempre uma sinalização adequada para maquinário pesado. Em alguns casos, como a de grandes escavadeiras, o maquinário tem que ser desmontado para ser transportado em carretas, com acompanhamento do engenheiro responsável que define a velocidade entre pontos de tráfego, pontos de parada e também a solução de imprevistos (ALMEIDA, 2006).

A limpeza da área onde ocorrerá a execução da obra é parte fundamental no processo construtivo. Alguns fatores influenciam nesse processo, podendo facilitar ou dificultar a sua execução (ALMEIDA, 2006).

Um dos fatores que influenciam nas operações de limpeza é o porte das árvores, que varia de acordo com a vegetação local. Para efeito de desmatamento, a vegetação pode ser classificada em: Campo (Vegetação rasteira), capoeira (Arbustos e pequenas árvores) e mata (árvores de grande porte) (ALMEIDA, 2006).

A escolha do equipamento a ser utilizado depende da análise do solo. As condições que influenciam nessa escolha são: a espessura da camada de terra vegetal, matéria orgânica, umidade do solo e presença de blocos de rocha (ALMEIDA, 2006).

A topografia local também interfere na escolha dos equipamentos, sendo que alguns fatores topográficos podem tornar inviável a utilização de determinados equipamentos, sendo esses fatores: grandes rampas, valetas e áreas pantaneiras e de baixo suporte (ALMEIDA, 2006).

2.2 Maquinário utilizado na limpeza

O caminhão basculante truck é utilizado para transportar o material retirado após a limpeza do terreno (Figura 1 - WIKIPÉDIA, 2016).

Figura 1 – Caminhão Truck Basculante.



wikipedia,2016.

O trator de esteira é o equipamento mais utilizado para a abertura de estradas devido a sua facilidade de se locomover em terrenos irregulares (Figura 2 - TERRABRASIL, 2016).

Figura 2 – Trator de esteira.



Terraplanagem, 2009.

A moto niveladora é utilizada em obras de pavimentação para fazer o nivelamento do terreno (Figura 3) (WIKIPÉDIA, 2016).

Figura 3 – Motoniveladora.



Ecivilnet,2010.

O escarificador é a operação para o preparo de carga, sendo ele acoplado na traseira de tratores. É usado nas escavações de materiais de segunda categoria, rochas brandas e rochas de primeira categoria (Figura 4) (ALMEIDA, 2006).

Figura 4 – escarificação do solo.



Emconbras, 2014.

3 PAVIMENTAÇÃO

Após as etapas de terraplanagem, se dá início a outra etapa, a de pavimentação. Quando se fala em pavimento, classificamos em dois tipos: pavimento flexível e pavimento rígido. A escolha do pavimento que vai ser utilizado na obra vem de estudos e análises do tipo de rodovia que vai ser construída no local (MARQUES, 2012).

Quando uma área vai ser pavimentada, deve-se primeiramente analisar, com base em estudos, qual tipo de material de pavimentação apresentará um resultado mais eficaz. A área e o ambiente são analisados para determinar o quão forte ou fraco precisa ser o pavimento e se ele suportará os desgastes (Chuvas intensas e pressão do tráfego) ao decorrer dos anos (MARQUES, 2012).

A intensidade do tráfego na estrada é um fator considerável para decidir o quão forte será o pavimento, como, por exemplo, uma rodovia federal (BR) suporta bem mais a pressão do tráfego e também o desgaste do que uma rodovia estadual (GO), pois, na etapa de construção, a rodovia federal acaba recebendo um tratamento mais específico e também alguns reforços a mais (MARQUES, 2012).

Para fabricar o pavimento flexível pequenas pedras (brita) são esmagadas e misturadas com uma cola conhecida como betume, essa cola é aquecida a cerca de 150 graus célsius antes que a pedra (brita) seja misturada, logo em seguida as máquinas despejam a mistura sobre a estrada, criando assim o pavimento (MARQUES, 2012).

O material de composição do pavimento flexível pode ser adaptado de acordo com os padrões climáticos e também por conta do nível de tráfego da rodovia. A estrada é analisada antes da escolha do pavimento que vai ser aplicado. O engenheiro determina através de estudos qual a frequência do uso da rodovia, a quantidade de água que entra em contato com a estrada e quantas vezes terão de ser feitos reparos na rodovia no decorrer dos anos (MARQUES, 2012).

3.1 Pavimento flexível

Segundo spt sondagens (2012), pavimento flexível são aqueles constituídos por camadas que não trabalham à tração. Normalmente são constituídos de revestimento betuminoso delgado sobre camadas puramente granulares. A capacidade de suporte é função das características de distribuição de cargas por um sistema de camadas superpostas, onde as de melhor qualidade encontram-se mais próximas da carga aplicada. No dimensionamento tradicional são consideradas as características geotécnicas dos materiais a serem usados, e a definição da espessura das várias camadas depende do valor do CBR e do mínimo de sollicitação de um eixo padrão (8,2 ton).

O sistema de pavimentação é formado por quatro camadas principais: revestimento de base asfáltica, base, sub-base e reforço do sub leito. De acordo com a intensidade, tipo de tráfego, solo existente e vida útil do projeto, o revestimento pode ser composto por uma camada de rolamento e camadas intermediárias ou de ligação. Mas nos casos mais comuns, utiliza-se uma única camada de mistura asfáltica como revestimento (SPT SONDAGENS, 2012).

O asfalto pode ser fabricado em usina específica, fixa (Figura 5) ou móvel (Figura 6) ou preparada na própria pista.

Figura 5 – Usina de pavimento fixa.



asfaltodequalidade, 2012.

Figura 6 – Usina de asfalto móvel.



sampaio, 2017.

Os revestimentos são classificados quanto à forma de produção e quanto ao tipo de ligante utilizado. Em relação ao tipo de ligante, pode ser a quente quando se usa o CBUQ (concreto betuminante usinado a quente) ou a frio, quando se faz uso de emulsão asfáltica (EAP) (NAKAMURA, 2011).

O pavimento mais utilizado no Brasil é o CBUQ. Consiste na mistura de cimento asfáltico e agregados de tamanhos variados, os quais são aquecidos em temperatura escolhida previamente, por causa das características de viscosidade e da temperatura do ligante. Para o revestimento de ruas e estradas onde o tráfego é de pouca intensidade é recomendado o uso de misturas asfálticas usinadas a frio que são mais econômicas; também é indicado o uso como camada intermediária e em operações de manutenção e conservação (NAKAMURA, 2011).

3.1.1 Tipos de revestimento asfáltico

De acordo com Nakamura (2011), as misturas asfálticas usinadas a quente podem ser utilizadas no revestimento de pavimento com baixo volume e com volume elevado de tráfego, atendendo às exigências em ambos os casos. Essas misturas podem ter uma subdivisão quanto a graduação dos agregados e fíler.

O concreto asfáltico de graduação denso possui uma curva granulométrica contínua e bem graduada, de forma a proporcionar uma composição com poucos vazios. Os concretos asfálticos densos são as misturas asfálticas usinadas a quente mais utilizadas como revestimento asfáltico no Brasil. Suas propriedades, no entanto, são muito sensíveis à variação do teor de ligante asfáltico; em excesso ou em falta o ligante pode gerar problemas de deformação permanente e de perda de resistência, levando a deformação e trincas (NAKAMURA, 2011).

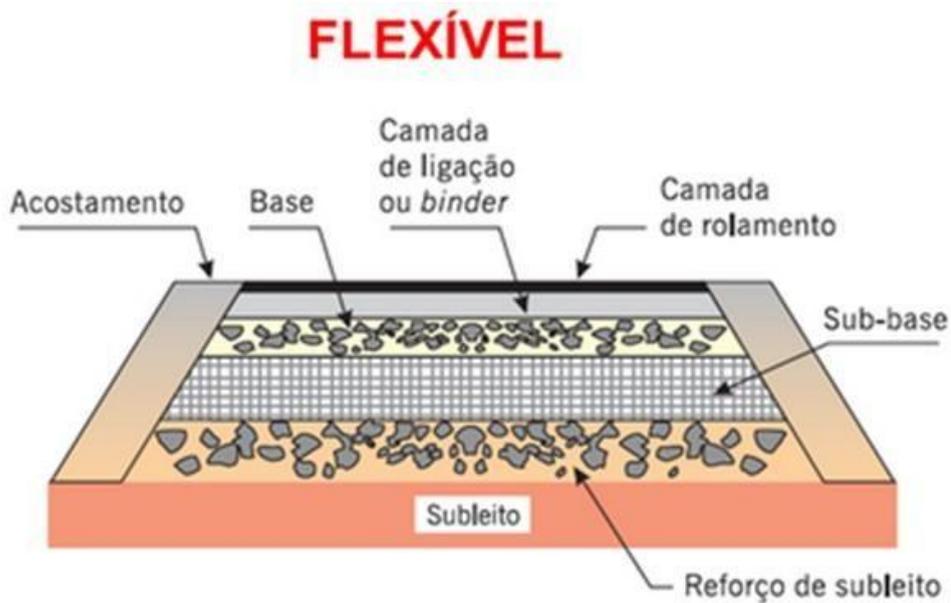
A mistura de graduação aberta possui uma curva granulométrica uniforme, tendo agregados com um tamanho padrão. Diferente do concreto asfáltico, mantém um grande percentual de vazios com ar sem preenchimento, devido às pequenas quantidades de ligante asfáltico e de fíler de agregado miúdo. Tem como consequência um revestimento drenante, possibilitando assim a percolação de água no interior do pavimento. A mistura asfáltica drenante é enquadrada nessa categoria, a qual é conhecida no Brasil como camada porosa de atrito (CPA) e é empregada comumente como camada de rolamento nos casos em que se tem como objetivo aumentar a aderência pneu – pavimento sob a rodovia (NAKAMURA, 2011).

No caso da mistura de graduação descontínua, temos uma mistura que constitui revestimentos com uma quantidade mais elevada de grãos de grandes dimensões comparada à quantidade de grãos de dimensões intermediárias. Tem como resultado um material com maior resistência à deformação permanente, tendo também o maior número de contatos entre os agregados graúdos. A STONE MATRIX ASPHALT (SMA) se enquadra nessa categoria, normalmente aplicado em espessuras que variam entre 1, 5 e 7 centímetros, caracterizado pela macroagricultura superficialmente rigorosa e também pela eficiência na drenagem superficial (NAKA- MURA, 2011).

3.1.2 Camadas do Pavimento

A figura 7 ilustra as camadas que compõem a estrutura do pavimento.

Figura 7 – Estrutura do pavimento.



sptsondagens, 2012.

3.1.2.1 Sub-leito.

Denomina-se sub-leito o terreno de fundação onde todo o pavimento será apoiado. É de suma importância um estudo e uma análise do solo até as profundidades que recebem significativamente as cargas provenientes do tráfego (de 0,60 a 1,50 metros de profundidade). O CBR (Índice de Suporte Califórnia) do sub-leito deve ser maior ou igual 2%; caso seja menor, o material deve ser substituído por outro melhor. No caso do CBR do material ser 20%, esse pode ser usado como sub-base (MARQUES, 2012).

3.1.2.2 Reforço do Sub-leito

É uma camada integrante do pavimento que possui espessura transversal constante e espessura longitudinal variável, sendo essa variação relacionada com a dimensão do pavimento. O reforço do sub-leito é executado sobre o sub-leito após a regularização deste e tem como função melhorar suas qualidades e regularizar a espessura da sub-base (MARQUES, 2012).

3.1.2.3 Sub-base

É a camada que complementa a base. Sua utilização é feita quando não é recomendada a execução da base diretamente sobre o reforço do sub-leito ou sobre o leito. Comumente utilizada para regularizar a espessura da base (MARQUES, 2012).

Quando se tem uma base muito espessa, com espessura superior a 30 centímetros, a melhor opção é o desmembramento dessa camada em duas, sendo elas compostas por diferentes

materiais. Se denomina base a camada superior e sub-base a inferior. Em termos de comportamento mecânico, ambas podem trabalhar somente a compressão e nesse caso tem-se o pavimento flexível genuíno (MERIGHI, 2015).

3.1.2.4 Base

Camada de pavimentação destinada a resistir aos esforços verticais oriundos dos veículos, distribuindo os adequadamente à camada subjacente, executada sobre a sub-base, subleito ou reforço do subleito devidamente regularizado e compactado. Sobre essa camada será executado o revestimento (MARQUES, 2012).

3.1.2.5 Revestimento

É a camada final, a qual recebe ação direta do tráfego e por esse motivo é a camada mais suscetível ao desgaste, tendo como finalidade resistir ao mesmo. O objetivo é que essa seja impermeável tanto quanto possível, que proporcione boas condições de rolamento visando a comodidade e a segurança e que resista aos esforços horizontais atuantes, tendo uma superfície consideravelmente durável (MARQUES, 2012).

3.1.3 Etapas do serviço

3.1.3.1 Preparo da base.

Nessa fase de preparação da base deve ser feita uma compactação com o objetivo de garantir a regularidade do piso, abstendo-o de qualquer partícula solta, dado que essas partículas podem comprometer a estrutura. No Brasil é comum o uso de brita graduada simples na execução da base e sub-base (NAKAMURA, 2011).

A brita graduada simples é um material com diâmetro máximo de agregados de 38 milímetros e que é composto por um percentual de 3% a 9% de agregados finos. O transporte desse material é feito em caminhões basculantes (Figura 1) e sua distribuição é feita por vibroacabadora (Figura 8) (NAKAMURA, 2011).

3.1.3.2 Compactação da Base.

A base é compactada por rolos compactadores vibratórios ou estáticos. Para evitar a perda de umidade da brita, esse processo deve ser realizado logo após o espalhamento (NAKAMURA, 2011).

3.1.3.3 Lançamento da mistura asfáltica.

O lançamento dessa mistura deve ser feito em uma camada com espessura uniforme por meio de vibroacabadora (Figura 8), a qual efetua não apenas o lançamento, mas também o nivelamento e a pré compactação. A superfície da base deve ser preparada através de uma imprimação antes que o lançamento seja efetuado (NAKAMURA, 2011).

A imprimação consiste na aplicação de material asfáltico sobre a superfície da base já concluída, para conferir a impermeabilização e permitir a aderência entre a base e o revestimento a ser executado (NAKAMURA, 2011).

3.1.3.4 Compactação do asfalto.

Conforme apresentado por Rodnei (2011), boa parte da suavidade da superfície, a impermeabilização e a densidade são alcançadas na primeira etapa. Durante a rolagem de equipamento ocorre a correção das marcas que foram deixadas na superfície durante a primeira fase de rolagem. Nessa fase se faz uso de rolos compactadores vibratórios ou estáticos. Finalizada a compactação, pode se iniciar a fase de acabamento superficial.

Figura 8 – Vibroacabadora.



folhadopovo, 2016.

4 DRENAGEM

Nas rodovias existem um grande problema de precipitação, infiltração e também os lençóis freáticos que podem trazer problemas devido ao fenômeno de capilaridade formando a "franja capilar", devido a esses problemas, com o decorrer do tempo foram desenvolvidas várias técnicas para a solução dos mesmos, pois a má drenagem pode acarretar em sérios problemas ao pavimento, como a sua deterioração. Segundo alguns especialistas, a exposição contínua à umidade tem consequências, como a perda de rigidez das camadas de fundação com a saturação e degradação da qualidade dos materiais (MARTINS, 2007).

Com a solução dos problemas de drenagem, criaram-se quatro grupos: Drenagem de talvegues, Drenagem superficial, drenagem do pavimento e drenagem subterrânea ou profunda (MARTINS, 2007).

4.1 Drenagem de Talvegues.

Sua função é permitir a passagem natural das águas que escoam pelo terreno, não interrompendo o seu fluxo natural. Estes dispositivos são estruturas projetadas para conduzir bacias e córregos que foram interceptados pela estrada (MARTINS, 2007).

A Figura 9 representa os tipos de drenos por talvegues.

Figura 9 – Drenagem por talvegues



Roberto, 2014

4.2 Drenagem superficial.

Tem como objetivo a remoção e captação das águas precipitadas sobre o pavimento e áreas adjacentes, que escoam na sua superfície. A água que fica na superfície é o que resta de uma chuva e que não foi filtrada por outros métodos, normalmente a água é conduzida para

fora do pavimento ou para lugares apropriados de deságue seguro, para evitar o acúmulo na estrada (MARTINS, 2007).

Pode-se citar alguns meios de drenagem superficial: Valeta de proteção de corte (Figura 10) , valeta de proteção de aterro, caixa coletora, bueiro de greide e sarjeta de canteiro central (MARTINS, 2007).

Figura 10 – Drenagem Superficial



Carlos Yukio,2010

4.3 Drenagem estrutural ou de pavimento.

Tem como principal objetivo a rápida e eficiente coleta e condução da água que infiltra no pavimento (MARTINS, 2007).

São drenos estruturais os seguintes modelos: Transversal raso, longitudinal raso (figura 11), base drenante e lateral da base (sangra) (MARTINS, 2007).

Figura 11 – Dreno longitudinal raso



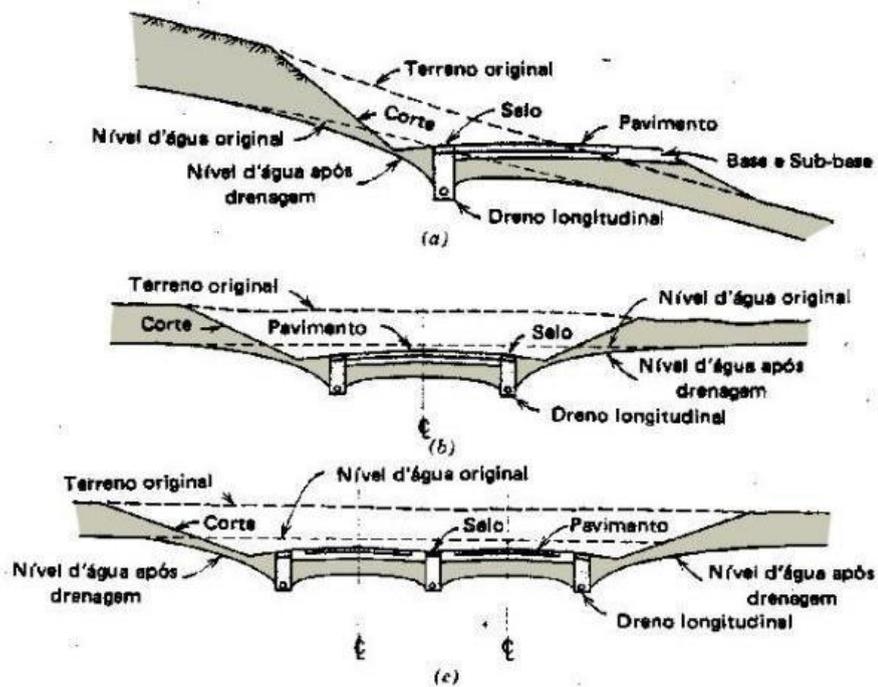
Carlos Yukio,2010.

4.4 Dreno Profundo

Tem como objetivo interceptar fluxos de águas subterrâneas e rebaixar o lençol freático, fazendo cortes no solo ou rochas, assim captando e escoando as águas, com objetivo de impedir a deterioração progressiva do suporte das camadas dos terraplenos e pavimento (Martins, 2007).

A Figura 12 representa os drenos profundos em diferentes tipos de rodovias.

Figura 12 – Dreno Longitudinal



Drenos Longitudinais rodoviários – (a) Construção em meia encosta. (b) Rodovia estreita, em terreno plano. (c) Rodovia larga, em terreno plano.

5 PATOLOGIAS

Patologia é uma palavra derivada de duas palavras gregas, "pathos" que significa doença e "logia" que significa ciência, estudo; tendo seu significado literal: estudo da doença. No tocante à construção civil esse termo é atribuído aos estudos dos danos ocorridos em construções. (REFORMAR-ENG, 2014)

Essas patologias se manifestam de diversas maneiras, sendo elas: trincas, fissuras, infiltrações e danos por umidade excessiva na estrutura. Podem ser encontradas em diversos aspectos, recebendo então a nomenclatura "manifestações patológicas". (REFORMAR-ENG, 2014)

5.1 Fendas

Segundo o manual de restauração de pavimentos asfálticos do DNIT (2006), Denominam-se fendas as discontinuidades presentes na superfície do pavimento, as quais podem se apresentar como fissuras, trincas longitudinais ou transversais e trincas interligadas tipo couro de jacaré ou tipo bloco. A classificação pode ser em FC-1, FC-2 ou FC-3, dependendo da abertura das fendas. As fendas FC-3 também apresentam erosão em suas bordas.

Existem uma série de fatores que atuam em conjunto e são responsáveis pelo surgimento das fendas. Um desses fatores é o ciclo de carregamento e alívio gerado pelo tráfego atuante, que promove tração na fibra interior do revestimento. O clima também é responsável, tendo em vista que a mudança diária de temperatura gera a contração e dilatação do revestimento. (DNIT, 2006)

5.2 Afundamento

Conforme apresentado pelo DNIT (2006), afundamento (Figura 13) se caracteriza pela deformação permanente que apresenta depressão na superfície do pavimento. Em alguns casos pode ser acompanhada de sollevamento e pode se apresentar sob a forma de afundamento plástico, o qual é causado pela influência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, ou afundamento de consolidação, que é resultado da consolidação de um ou mais camadas do pavimento ou do subleito.

No caso de afundamentos com extensão de até 6m o termo utilizado é "afundamento local" e quando ocorrem em maiores extensões, sendo essas contínuas, o termo utilizado é "afundamento de trilha de roda". (DNIT, 2006)

Figura 13 – Afundamento

MOTA, 2017.

5.3 Ondulação ou Corrugação

De acordo com o DNIT (2006), é definido como ondulação (Figura 14) ou corrugação falhas presentes no revestimento asfáltico caracterizadas por ondulações transversais que apresentam caráter plástico e permanente. As causas dessa patologia pode ser a instabilidade da mistura betuminosa da camada de revestimento e/ou a base do pavimento, o excesso de umidade das camadas inferiores, a contaminação da mistura asfáltica e/ou a retenção de água na mistura asfáltica.

As maiores ocorrências dessa deformação são nas regiões de aceleração ou frenagem dos veículos. Podem ser encontradas em qualquer região da superfície, mas nas proximidades das trilhas de rodas se tem uma deformidade mais acentuada devido à maior solicitação das cargas atuantes. (DNIT, 2006)

Figura 14 – Ondulação

BERNARDO, 2012.

5.4 Escorregamento

O escorregamento é um revestimento ocasionado pelos esforços tangenciais transmitidos pelos eixos dos veículos (frenagem e aceleração) e que produzem uma ondulação curta e abrupta na superfície do pavimento em forma de meia lua (DNIT, 2006).

A ligação incorreta entre o revestimento e a camada de apoio, a espessura reduzida da camada de revestimento asfáltico que limita a inércia, a má compactação das misturas asfálticas ou da camada de base e a fluência plástica do revestimento devido a altas temperaturas são fatores que podem gerar o escorregamento (Figura 15) (DNIT, 2006).

Inicialmente apresenta trincas em formas de meia lua nos locais de aplicação de esforços de tração gerados pelas cargas de roda, posteriormente ocorre o surgimento do escorregamento da capa asfáltica ou do revestimento, o que promove a exposição das camadas inferiores do pavimento (DNIT, 2006).

Figura 15 – Escorregamento



VIEIRA, 2014

5.5 Desgaste

Denomina-se desgaste (Figura 16) a perda de agregados e/ou argamassa do revestimento. É caracterizado pela aspereza acentuada da superfície, com a perda da capa betuminosa e o progressivo arrancamento dos agregados. A oxidação do ligante que resulta na redução da ligação entre agregado e ligante, a combinação dos agentes intempéricos e do tráfego, a perda de coesão entre ligante e agregado decorrente da presença de poeira ou sujeira durante o processo construtivo, execução da obra em períodos inadequados meteorologicamente e

humidade no interior do pavimento que causam sobrepressões hidrostáticas capazes de provocar o deslocamento da película betuminosa são fatores que impossibilitam o ligante asfáltico de promover a retenção dos agregados, os quais se soltam de forma progressiva sob a ação das cargas de tráfego. (DNIT, 2006)

Figura 16 – Desgaste



PINI, 2010.

5.6 Panelas

As panelas são cavidades formadas inicialmente no revestimento do pavimento e que possuem dimensões e profundidades variadas. O defeito é muito grave pois afeta estruturalmente o pavimento, permitindo o acesso das águas superficiais ao interior da estrutura. Também é grave do ponto de vista funcional, já que afeta a irregularidade longitudinal e, como consequência, a segurança do tráfego, e o custo do transporte. (DNIT, 2006)

As principais causas do surgimento de panelas (Figura 17) são o trincamento por fadiga e a desintegração localizada no revestimento. Vale ressaltar que essa falha está ligada diretamente à ação do tráfego e a fatores climáticos. Podem aparecer em qualquer área do revestimento, sendo mais recorrente nas trilhas de roda. (DNIT, 2006)

Figura 17 – Panelas

SANTANNA, 2010

5.7 Remendos

De acordo com DNIT (2006), remendo (Figura 18) é a parte do revestimento onde o material original foi removido e substituído por outro similar ou diferente. Geralmente são considerados falhas pelo fato de que sua utilização é necessária quando há mau comportamento da estrutura original, o que normalmente gera aumento na irregularidade do pavimento. Vale ressaltar que deve se avaliar a deterioração da área remendada.

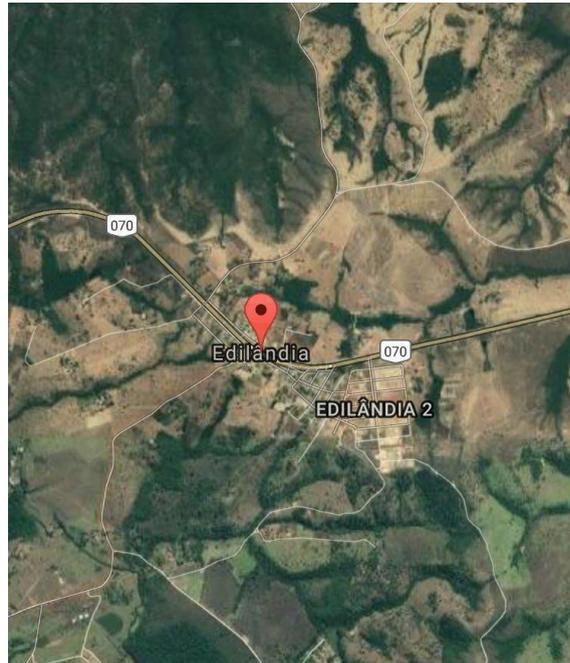
O emprego de material de má qualidade e os problemas construtivos somados à solicitação intensa do tráfego e à agressividade das condições ambientais caracterizam os remendos como defeitos. (DNIT, 2006)

Figura 18 – Remendos

SÃO CARLOS SEM REDE, 2015.

6 ESTUDO DE CASO - PASSAGEM DE EDILÂNDIA

Figura 19 – Mapa de localização



GOOGLE, 2012.

Edilândia é um distrito do município de Cocalzinho de Goiás que é cortado pela rodovia federal BR-070/GO a qual passa pelos estados de Mato Grosso, Goiás e Distrito Federal. A cidade está situada em uma região rica em recursos naturais como cachoeiras, rios e matas propícias para trilhas e ecoturismo, por esse motivo a cidade atrai um grande número de turistas anualmente.

A rodovia que corta a cidade de Edilândia (Figura 19) é a principal rota de acesso à região Oeste de Brasília-DF com uma distância aproximada de 82 Km entre as duas cidades. Por esse motivo, essa rodovia recebe um intenso fluxo de veículos, gerando um desgaste acentuado que será apresentado no decorrer do estudo de caso.

A JM TERRAPLENAGEM E CONSTRUÇÕES LTDA. foi a empresa cotada para a realização da obra de revitalização (Recuperação, Restauração e Manutenção) da rodovia BR 070/GO com um custo inicial de R\$ 76.636.180,96. O contrato teve início em 25 de novembro de 2013, mas devido a problemas internos do DNIT, a data inicial teve uma retificação para 10 de dezembro de 2013. Ao decorrer da execução da obra na altura do distrito de Edilândia, segundo a 3ª Revisão de Projeto houve a necessidade da alteração do projeto inicial. Essa revisão foi necessária devido à intervenção da população local, a qual exigiu o acréscimo de um retorno para facilitar o acesso ao distrito, tendo em vista que, no projeto inicial, seriam executados apenas dois retornos nas extremidades do distrito, dificultando o acesso da população local.

Após a revisão, constatou-se que seria necessário a implantação de drenos nos km 17, 37 e 59 da BR. Essa constatação se deve às patologias (Figura 20) que o pavimento apresentava, as quais indicavam o excesso de umidade, o que foi confirmado após estudos no local. Posteriormente foram realizados estudos mais aprofundados, os quais evidenciaram que os drenos presentes estavam obstruídos, realçando a necessidade de implantação de novos drenos.

Figura 20 – Patologias existentes no trecho



JM TERRAPLENAGEM, 2013.

No geral, foram feitas supressões e adições aos quantitativos de terraplenagem drenagem e obras complementares que resultaram em um aumento orçamentário de 22,12% em relação ao preço inicial (PI), resultando em um PI de R\$ 93.534.130,83.

6.1 Solução

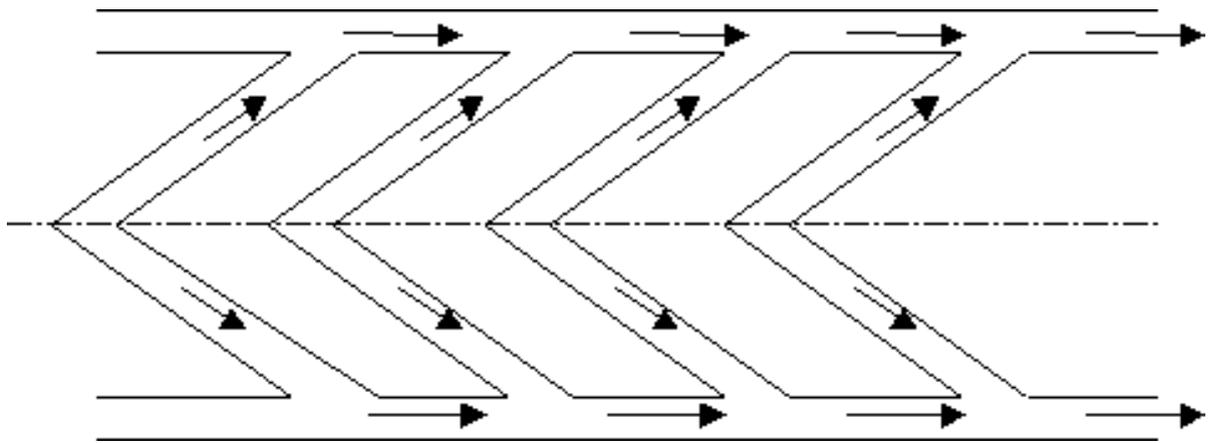
Após serem feitos estudos no local, concluiu-se que um dos principais fatores que ocasionaram as patologias apresentadas era o excesso de umidade devido à obstrução dos drenos existentes. Tendo em vista esse problema, constatou-se que a melhor solução seria a implementação de drenos, sendo eles: Colchão drenante; Espinha de peixe (Figura 21) e Dreno longitudinal profundo (Figura 22).

6.1.1 Dreno em Espinha de Peixe

Sua utilização destina-se à drenagem de grandes áreas, sendo elas pavimentadas ou não, comumente utilizados em série, em sentido oblíquo, tendo como referência o eixo longitudinal da rodovia ou a área a drenar (DNIT, 2006).

No caso dos drenos longitudinais não serem suficientes para a drenagem da área, os drenos em espinhas de peixe (Figura 21) podem ser exigidos em cortes. Em casos em que o lençol freático estiver próximo da superfície ou o solo natural for impermeável, podem ser projetados em terrenos que receberão aterros. Dependendo das condições existentes podem desaguar de duas maneiras distintas: Livremente ou em drenos longitudinais (DNIT, 2006).

Figura 21 – Espinha de peixe



DNIT, 2006

6.1.2 Colchão Drenante

Tem como objetivo drenar as águas situadas em pequenas profundidades onde o volume não pode ser drenado pelo dreno "espinha de peixe". Sua utilização é feita nos cortes em rocha, nos cortes em que o lençol freático estiver próximo do greide da terraplenagem, na base dos aterros onde houver água livre próximo ao terreno natural e nos aterros constituídos sobre terrenos impermeáveis (DNIT, 2006).

As águas coletadas por esse dreno devem ser removidas através dos drenos longitudinais (DNIT, 2006).

6.1.3 Dreno Longitudinal

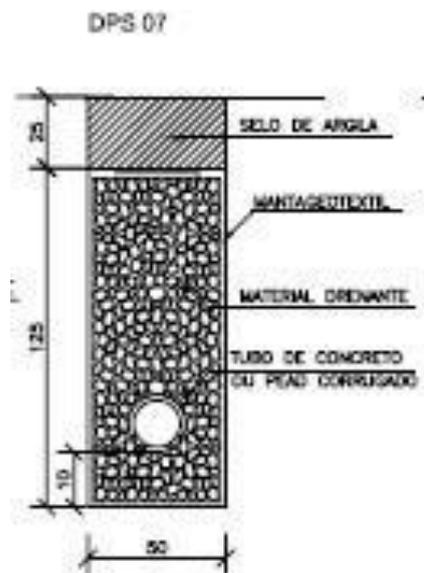
São drenos profundos (Figura 22) que tem como principal objetivo a interceptação do fluxo da água subterrânea por meio do rebaixamento do lençol freático impedindo que esse fluxo atinja o subleito. São instalados de preferência em profundidades entre 1,50 a 2,00 m, e tem por finalidade captar e aliciar o lençol freático, protegendo assim o corpo estradal (DNIT, 2006).

Sua instalação deve ser feita nos trechos em cortes, em terrenos planos que apresentam lençol freático próximo ao subleito e também em áreas eventualmente saturadas próximas ao pé dos taludes (DNIT, 2006).

A diferenciação dos materiais empregados nos drenos profundos ocorre de acordo com as suas funções, sendo areia, agregados britados e geotêxtil alguns dos materiais filtrantes e a brita e o cascalho grosso lavado alguns dos materiais drenantes. Há também os materiais condutores, sendo eles: Tubos de concreto, tubos cerâmicos, fibro-cimento, materiais plásticos e metálicos (DNIT, 2006).

São localizados em locais onde há a necessidade de interceptar e rebaixar o lençol freático, normalmente nas proximidades dos acostamentos (DNIT, 2006).

Figura 22 – Dreno Longitudinal



DNIT, 2006

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o início da obra ficou evidente a necessidade da revisão do projeto inicial, sendo necessário a sua readequação. Tal readequação se fez necessária devido ao fato de que a obra teve início anos após a elaboração deste projeto, sendo que após esse longo período a realidade daquele momento já não era a mesma de quando o projeto foi elaborado.

O projeto inicial atendia às exigências da população e do governo local, mas durante esse período de espera houve a mudança dos governantes do município e no momento em que se iniciou a execução da obra as exigências já não eram mais as mesmas, por esse motivo foi necessário a mudança do projeto, tendo que ser adicionado um retorno para facilitar o acesso da população local. Outro fator negativo foi que as patologias apresentadas no local não eram compatíveis com as apresentadas no projeto inicial, pois a degradação havia se intensificado devido a fatores climáticos e tráfego intenso, tais patologias são reflexos do acúmulo de umidade nas camadas que compõem o pavimento, as quais o fragilizam e comprometem sua resistência. Essas mudanças no projeto acarretaram em um aumento significativo no orçamento da obra.

Ao analisar os problemas gerados pelo tardamento do início da execução da obra, fica evidente que a agilidade nesse processo é um fator chave para o melhor aproveitamento dos recursos e do projeto. No tocante ao orçamento, poderia ser evitado o aumento de 22,12% dos gastos anteriormente previstos, pois em qualquer empreendimento um dos principais objetivos é a redução de custos. Outro fator que também poderia ser evitado é a defasagem do projeto, tendo em vista que a readequação gera transtornos desnecessários.

Em meio a todos os transtornos, o aspecto positivo da revisão do projeto foi a descoberta da obstrução dos drenos já existentes e da necessidade da reestruturação de todo o sistema de drenagem. A excelência na execução do projeto de drenagem garante a preservação da rodovia, aumentando a vida útil do pavimento e tardando a necessidade de reparos (visto que o excesso de umidade compromete todo e qualquer elemento estrutural, principalmente a estrutura de um pavimento), garantindo uma grande economia a longo prazo e oferecendo qualidade e segurança aos usuários.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ABREU, José Vanderlei de. Reparo de pisos e pavimentos com microcimento. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/155/reparo-de-pisos-e-pavimentos-com-microcimento-286678-1.aspx>>. Acesso em: 3 de nov. 2017.

ABREU, José Vanderlei de. Reparo de pisos e pavimentos com microcimento. 2010. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/155/reparo-de-pisos-e-pavimentos-com-microcimento-286678-1.aspx>>. Acesso em: 3 nov. 2017.

ABREU, José Vanderlei de. Reparo de pisos e pavimentos com microcimento. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/155/reparo-de-pisos-e-pavimentos-com-microcimento-286678-1.aspx>>. Acesso em: 2 de nov. 2017.

CONSTRUÇÃO, Redação do Fórum da. Patologias na Construção Civil. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=17&Cod=1339>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

DNIT. Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos. Publicação IPR-720, 2006. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/ipr_new/..%5Carquivos_internet%5Cipr%5Cipr_new%5Cmanuais%5CManual_de_Restauracao.pdf>. Acesso em: 3 de nov. 2017.

MARQUES, Geraldo Luciano de Oliveira. Notas de aula da disciplina – Pavimentação TRN 032. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2012/03/Notas-de-Aula-Prof.-Geraldo.pdf>>. Acesso em: 3 de nov. 2017.

MERIGHI, João Virgílio; FORTES, Rita Moura. Construção de Pavimentos. Disponível em: <<http://www.latersolo.com.br/wpcontent/uploads/2015/03/Constru%C3%A7%C3%A3o-de-Pavimentos.pdf>>. Acesso em: 3 de nov. 2017.

NAKAMURA, Juliana. Pavimentação asfáltica: Os tipos de revestimentos, o maquinário necessário e os cuidados na contratação, projeto e execução. 2011. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/16/pavimentacao-asfaltica-os-tipos-de-revestimentos-o-maquinario-necessario-260588-1.aspx>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

PORTAL METALICA – Construção Civil. Sistemas de Drenagem em pavimentos – Página 2. Disponível em: <<http://www.metalica.com.br/sistemas-de-drenagem-em-pavimentos-2>>. Acesso em: 3 de nov. 2017.

REDAÇÃO DO FÓRUM NA CONSTRUÇÃO. Patologias na Construção Civil. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=17&Cod=1339>>. Acesso 3 de nov. 2017.

REDE, São Carlos em. Penha diz que remendos da Prefeitura no asfalto do São Rafael não são suficientes. 2015. Disponível em: <<http://www.saocarlosemrede.com.br/politica/penha-diz-que-remendos-da-prefeitura-no-asfalto-do-sao-rafael-nao-sao-suficientes>>. Acesso em: 03

nov. 2017.

SUZUKI, Carlos Yukio. Drenagem de obras viárias Rodovias e Ferrovias. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAFdpkAF/2a-apostila-drenagem>>. Acesso em: 2 de nov. 2017.

SUZUKI, Carlos Yukio. Drenagem de obras viárias Rodovias e Ferrovias. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAFMekAJ/01-apostila-drenagem>>. Acesso em: 3 de nov. 2017.

SPT-Sondagem Prospecção e Tecnologia. Disponível em: < <http://sptsondagem.com.br/> > . Acesso em: 3 de nov. 2017.

São Carlos em Rede. Penha diz que remendos da Prefeitura no asfalto do São Rafael não são suficientes. Disponível em: <<http://www.saocarlosemrede.com.br/politica/penha-diz-que-remendos-da-prefeitura-no-asfalto-do-sao-rafael-nao-sao-suficientes>>. Acesso em: 3 de nov. 2017.