



ULBRA

CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

VINICIUS RODRIGUES DE SOUSA

**DANOS E SOLUÇÕES PARA OS PAVIMENTOS ONDE ESTÃO LOCALIZADAS
AS ESTAÇÕES DE TRANSPORTE PÚBLICO KRAHÔ, APINAJÉ E XAMBIOÁ, EM
PALMAS-TO.**

Palmas - TO

2016



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

Vinicius Rodrigues de Sousa

DANOS E SOLUÇÕES PARA OS PAVIMENTOS ONDE ESTÃO LOCALIZADAS AS ESTAÇÕES DE TRANSPORTE PÚBLICO KRAHÔ, APINAJÉ E XAMBIOÁ, EM PALMAS-TO.

Projeto apresentado como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Prof. M.SC Edvaldo Alves dos Santos.

Palmas – TO

2016



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

VINICIUS RODRIGUES DE SOUSA

DANOS E SOLUÇÕES PARA OS PAVIMENTOS ONDE ESTÃO LOCALIZADAS AS
ESTAÇÕES DE TRANSPORTE PÚBLICO KRAHÔ, APINAJÉ E XAMBIOÁ, EM
PALMAS-TO.

Projeto apresentado como requisito parcial da disciplina Trabalho de conclusão de curso – TCC II, do Curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Prof. M.Sc. Edvaldo Alves dos Santos.

Aprovada em ____/____/2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.Sc. Edvaldo Alves dos Santos
Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof.
Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof.
Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas - TO
2016

Aos meus pais, minha esposa e meus
filhos pelo amor e incentivo em todos os
momentos.

AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar, pois por ele e para ele são todas as coisas.

Aos meus pais (Josimar e Gerusa) pelo amor incondicional, pela paciência e incentivo a estudar.

À minha irmã (Caroline) pelo amor e carinho.

À minha esposa (Graciela) por me incentivar a sempre lutar pelos meus sonhos, pelo amor e companheirismo ao longo desses anos de união.

Ao meu filho (Lucas Gabriel) por ser a razão maior da minha vida.

À minha filha Sofya pelo carinho.

À minha tia Ozenildes por acreditar no meu potencial como profissional engenheiro.

Aos meus amigos que me incentivaram a concluir esse curso.

Ao meu orientador M.Sc. Edvaldo pelos seus ensinamentos e conselhos.

E por fim, a todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização desse sonho.

RESUMO

SOUSA, V.R. de, **DANOS E SOLUÇÕES PARA OS PAVIMENTOS ONDE ESTÃO LOCALIZADAS AS ESTAÇÕES DE TRANSPORTE PÚBLICO KRAHÔ, APINAJÉ E XAMBIOÁ, EM PALMAS-TO**, 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário Luterano de Palmas/ Universidade Luterana do Brasil, Palmas – TO.

Os pavimentos estão entre as mais importantes estruturas de um complexo urbano, pois é através deles que há a circulação de pessoas e mercadorias, desempenhando assim papel relevante no desenvolvimento da economia local. Entretanto, o que se tem notado nas vias urbanas do Brasil é que os pavimentos empregados tem pouca durabilidade, e com o tempo de uso tem surgido diversas patologias. Em vista disso, este trabalho visa analisar os danos e propor possíveis soluções para os pavimentos onde estão localizadas as estações de transporte público Krahô, Apinajé e Xambioá, no município de Palmas-TO. A partir de visitas in loco, identificaram-se os defeitos existentes, bem como se apontou as prováveis causas destes problemas, tendo como base o Manual do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Além disso, foram levantadas possíveis soluções a fim de sanar os problemas. É visível a necessidade de adequação das vias onde estão as estações, tendo em vista que os pavimentos empregados nas vias não foram projetados para suportar as tensões impostas pelo tráfego de veículos pesados.

Palavras-chave: Pavimentos, Patologias, Manutenção.

ABSTRACT

SOUSA, V.R. de **DAMAGES AND REMEDIES FOR FLOOR WHERE ARE LOCATED THE PUBLIC TRANSPORT STATIONS Krahô, Apinajé AND Xambioá IN PALMAS-TO, 2016.** Completion of course work (Bachelor of Civil Engineering) - Lutheran University Center Palmas / Lutheran University of Brazil, Palmas – TO.

The floors are among the most important structures of an urban complex, because it is through them that there is the movement of people and goods, thus playing an important role in the development of the local economy. However, what we have noticed in the urban streets of Brazil is that the floors employees have little durability, and with the use of time has arisen several pathologies. In view of this, this paper aims to examine the damage and propose possible solutions to the floors where are located the public transport stations Krahô, Apinajé and Xambioá in the city of Palmas-TO. From on-site visits, we identified the existing defects, as well as pointed out the probable causes of these problems, based on the National Department of Transport Infrastructure Manual (DNIT). In addition, they raised possible solutions in order to solve the problems. The need to adapt the way is visible where the stations, considering that employees pavements on roads were not designed to withstand the stresses imposed by heavy traffic.

Keywords: Pavement, Pathologies, Maintenance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Croqui do Pavimento Rígido – camadas constituintes.....	26
Figura 2: Croqui do Pavimento Flexível – camadas constituintes.....	28
Figura 3: Representação esquemática dos defeitos em pavimentos flexíveis.....	30
Figura 4: Trinca isolada-transversal.	31
Figura 5: Trinca interligada- tipo jacaré.....	31
Figura 6: Afundamento de trilha de roda.	32
Figura 7: Ondulação.....	33
Figura 8: Escorregamento.....	33
Figura 9: Exsudação.	34
Figura 10: Desgaste (D).	34
Figura 11: Panela ou buraco.....	35
Figura 12: Remendo mal executado.....	36
Figura 13: Remendo bem executado.	36
Figura 14: Imagem da Estação Krahô, na Avenida Teotônio Segurado em Palmas TO.....	39
Figura 15: Imagem da Estação Xambioá, na Avenida Teotônio Segurado em Palmas-TO.	40
Figura 16: Imagem da Estação Apinajé, na Avenida Teotônio Segurado em Palmas- TO.....	41
Figura 17: Painéis I- Estação Krahô.....	43
Figura 18: Painéis II- Estação Krahô.	44
Figura 19: Trinca interligada-tipo couro de jacaré na estação Krahô.	45
Figura 20: Remendos I- Estação Krahô.....	46

Figura 21: Remendos II- Estação Krahô.....	46
Figura 22: Afundamento da trilha de roda- antes da Estação Krahô.....	47
Figura 23: Afundamento da trilha de roda- em frente à Estação Krahô.....	47
Figura 24: Escorregamento- Estação Krahô.....	48
Figura 25: Desgaste- Estação Krahô.....	49
Figura 26: Trinca interligada – Tipo couro de jacaré- Estação Xambioá.....	50
Figura 27: Remendos- Estação Xambioá.....	51
Figura 28: Escorregamento- Estação Xambioá.....	51
Figura 29: Painel- Estação Xambioá.....	52
Figura 30: Desgaste- Estação Xambioá.....	52
Figura 31: Exsudação- Estação Xambioá.....	53
Figura 32: Painel- Estação Apinajé.....	54
Figura 33: Trinca interligada tipo couro de jacaré-Estação Apinajé.....	55
Figura 34: Exsudação- Estação Apinajé.....	56
Figura 35: Desgaste- Estação Apinajé.....	56
Figura 36: Trinca isolada longitudinal longa.....	57
Figura 37: Imagem do memorial de cálculo.....	64
Figura 38: Croqui das Estações Krahô e Xambioá.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Climatologia- Palmas.....	59
Tabela 2: Volume de tráfego nas estações de ônibus.	60
Tabela 3: Cálculo da quilometragem dos ônibus nas estações.....	62
Tabela 4: Contagem volumétrica diária por Estação.....	62

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos	14
1.2 JUSTIFICATIVA	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 BREVE HISTÓRICO DA PAVIMENTAÇÃO NO MUNDO	16
2.2 PAVIMENTAÇÃO NO BRASIL.....	17
2.3 SOLOS	19
2.3.1 Estabilização dos solos para fins de pavimentação	20
2.4 PAVIMENTAÇÃO	20
2.4.1 Definição	20
2.4.2 Estrutura do Pavimento	21
2.4.2.1 Subleito.....	21
2.4.2.2 Reforço do subleito.....	22
2.4.2.3 Sub-base	22
2.4.2.4 Base	22
2.4.2.5 Revestimento	24
2.4.3 Tipos de Pavimentos	25
2.4.3.1 Pavimento Rígido	25
2.4.3.2 Pavimento Semirrígido	26
2.4.3.3 Pavimento flexível.....	27
2.4.4 Avaliação das condições dos pavimentos	28
2.4.5 Patologias em pavimentos	29
2.4.5.1 Fendas	30
2.4.5.2 Afundamento	32
2.4.5.3 Ondulação ou Corrugação	32
2.4.5.4 Escorregamento	33
2.4.5.5 Exsudação.....	33
2.4.5.6 Desgaste.....	34
2.4.5.7 Panela ou buraco.....	34

2.4.5.8 Remendos	35
2.4.6 Manutenção de pavimentos.....	36
3.METODOLOGIA	38
3.1 APRESENTAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	38
3.2 LEVANTAMENTO EM CAMPO.....	41
3.3 DIAGNÓSTICO	41
3.4 SUGESTÕES DE CORREÇÃO	42
4.RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	43
4.1 PATOLOGIAS ENCONTRADAS NOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS.....	43
4.1.1 Estação Krahô	43
4.1.2 Estação Xambioá.....	49
4.1.3 Estação Apinajé.....	53
4.1.4 Análise dos dados coletados	57
4.2 FATOR CLIMÁTICO.....	58
4.3 VOLUME DE TRÁFEGO	59
5. SOLUÇÕES PARA OS PAVIMENTOS	64
5.1 ESTAÇÃO KRAHÔ E XAMBIOÁ.....	64
5.1.1 Estrutura do novo pavimento	65
5.2 ESTAÇÃO APINAJÉ	68
6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

1.INTRODUÇÃO

Os pavimentos desempenham papel importante na parte econômica e social de um local, é através deles que são feitos o transporte de passageiros e cargas, além disso, é por meio deles que a distância do produtor com o consumidor tem sido diminuída. Ao se ter noção da relevância de boas vias para as cidades, é de suma importância que sejam empregadas tecnologias de pavimentação de qualidade e durabilidade, que garantam a mínima manutenção preventiva e nenhuma corretiva.

Estudos apontam que nas últimas décadas as cidades brasileiras têm construído suas vias com pavimento flexível, empregando-se, na parte chamada capa, o Concreto Betuminoso Usinado a Quente, conhecido no meio técnico pela sigla CBUQ, o TSD (Tratamento Superficial Duplo) ou o TST (Tratamento Superficial Triplo).

Segundo Rocha e Costa (2010) esses materiais quando novos proporcionam conforto e segurança aos usuários da via em que são aplicados, porém, ao envelhecer, se não receber manutenção adequada ocasionam transtornos de diversos tipos e magnitudes.

A cidade de Palmas, capital do Estado do Tocantins, emprega atualmente nas suas vias o pavimento supracitado, entretanto diversas patologias podem ser visualizadas a olho nu. As consequências desses defeitos podem ser: o aumento da quantidade dos acidentes, o aumento do preço dos transportes, pois a manutenção de peças é frequente, além disso, tem-se o desconforto por parte dos usuários dessas vias.

Silveira (2003) ressalta que a pavimentação de vias urbanas atravessa atualmente um período de transição. Uma grande parcela dos pavimentos urbanos encontra-se em precárias condições. Entre as causas mais importantes para o mau estado das vias, pode-se citar as falhas de construção e de projeto, falhas nas propriedades dos materiais utilizados e manutenção inadequada ou inexistente.

Ao delimitar este estudo no levantamento, análise e apontamento de possíveis soluções para os defeitos existentes nos pavimentos onde estão localizadas as estações de transporte público na cidade de Palmas, é possível mencionar que diversas são as patologias nos pavimentos das estações, cada uma com causa específica e consequência prejudicial aos usuários. Os principais defeitos

nos pavimentos são: panelas, remendos, afundamento de trilha de roda, escorregamento do revestimento betuminoso, desgaste, trilha interligada tipo couro de jacaré, exsudação e trinca isolada longitudinal longa.

Diante o exposto, é imprescindível que sejam realizadas políticas de conscientização e incentivo aos administrados públicos, mostrando que existem pavimentos que podem ser empregados nas vias públicas e que apesar de ter um custo inicial mais alto, são de mais valia, pois a sua durabilidade, conforto e segurança são maiores, gerando assim maior economia em longo prazo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Apresentar possíveis soluções a fim de sanar os danos encontrados nos pavimentos flexíveis onde estão localizadas as estações de transporte público Krahô, Apinajé e Xambioá, em Palmas-TO.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar as patologias existentes nos pavimentos flexíveis onde estão as estações de ônibus Krahô, Apinajé e Xambioá;
- Analisar as causas dos problemas identificados nos pavimentos onde se encontram as estações;
- Prever possíveis soluções a fim de sanar os danos existentes no pavimento.

1.2 JUSTIFICATIVA

Este trabalho se justifica pela observação de patologias nos pavimentos onde estão localizadas as estações de ônibus em Palmas-TO, tais defeitos tem sido motivo de reclamações por parte daqueles que utilizam as vias da cidade. É sabido que a manutenção destas é feita pelo poder público, e o que se tem notado é que os valores gastos com os reparos são altos, já que o tipo de pavimento utilizado não suporta as cargas transmitidas por meio das rodas pneumáticas dos veículos.

Sabe-se que grande parte das cidades brasileiras utiliza o pavimento flexível devido ao custo de implantação ser mais baixo, entretanto, seria de mais valia utilizar um pavimento que tenha maior durabilidade, maior segurança e que seja ecologicamente correto, em locais como as estações de transporte público, uma vez que a circulação de veículos é grande.

Diante do exposto, esta pesquisa visa atender as necessidades da sociedade no âmbito da infraestrutura, pois através dela o profissional de engenharia civil saberá qual o melhor pavimento a ser empregado nas vias urbanas, evitando assim problemas como buracos, ondulações, entre outros.

Já para o universo acadêmico, este estudo proporcionará ao profissional de engenharia civil um melhor conhecimento acerca dos pavimentos e suas utilizações nas cidades brasileiras.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 BREVE HISTÓRICO DA PAVIMENTAÇÃO NO MUNDO

Registros históricos apontam que o homem mesmo sem saber o que era de fato pavimentação já a desenvolvia com o objetivo de se locomover pelos lugares, seja para povoar, fazer intercâmbio comercial, cultural ou religioso.

Sobre o assunto Bernucci et al (2006) diz que:

Percorrer a história da pavimentação nos remete à própria história da humanidade, passando pelo povoamento dos continentes, conquistas territoriais, intercâmbio comercial, cultural e religioso, urbanização e desenvolvimento. Como os pavimentos, a história também é construída em camadas e, frequentemente as estradas formam um caminho para examinar o passado, daí serem uma das primeiras buscas dos arqueólogos nas explorações de civilizações antigas. (BERNUCCI et al, 2006)

Com o passar dos tempos, notou-se que as estradas eram mais bem construídas, pois existia uma grande preocupação com os mecanismos utilizados para se ter uma boa pavimentação. Segundo Bernucci et al (2006), o autor Mascarenhas Neto em 1790 apresentou o *Tratado para construção de estradas*, com o intuito de se construir estradas com menos despesas e com maior satisfação. Dentre os temas abordados no tratado, o autor destacou:

- Drenagem e abaulamento: o convexo da superfície da estrada é necessário para que as águas, que chovem sobre ela, escorram mais facilmente para os fossos, por ser esta expedição mais conveniente à solidez da estrada.
- Erosão: quando o sítio não contém pedra, ou que ela não se consegue sem longo carreto, pode suprir-se formando os lados da estrada com um marachão de terra de grossura de quatro pés, na superfície do lado externo, formando uma escarpa; se devem semear as gramas ou outras quaisquer ervas, das que enlaçam as raízes.
- Distância de transporte: o carreto de terras, que faz a sua maior mão de obra.
- Compactação: é preciso calcar artificialmente as matérias da composição da estrada, por meio de rolos de ferro.
- Sobrecarga: devia ser proibido, que em nenhuma carroça de duas rodas se pudessem empregar mais de dois bois, ou de duas bestas, e desta forma se taxava a excessiva carga; liberdade para o número de forças vivas, empregadas nos carros de quatro rodas, peso então se reparte, e causa menos ruína.

- Marcação: todas as léguas devem estar assinaladas por meio de marcos de pedra. (BERNUCCI et al, 2006 apud MASCARENHAS NETO, 1790)

2.2 PAVIMENTAÇÃO NO BRASIL

De acordo com Bernucci et al (2006), umas das primeiras estradas documentadas no Brasil tem início em 1560, na época de Mem de Sá (terceiro governador-geral do Brasil). Trata-se do caminho aberto para ligar São Vicente ao Planalto Piratininga. Em 1661, o governo da Capitania de São Vicente recuperou esse caminho, construindo o que foi denominada Estrada do Mar, permitindo assim o tráfego de veículos.

O primeiro trecho de estrada pavimentada do Brasil foi a União e Indústria, entre Petrópolis e Juiz de Fora, inaugurada em 1861 com a presença de D.Pedro II. A pavimentação de macadame permitia que os coches a cavalo chegassem a surpreendentemente 20km/h. (ABCP, 2009)

Bernucci et al (2006) salienta que muito além do seu percurso de 144km, a estrada União e Indústria representa um marco na modernização da pavimentação e do país. Sua construção envolveu o levantamento de capital em Londres e no Rio de Janeiro. Da antiga estrada ainda restam pontes e construções, incluindo o Museu Rodoviário, onde se pode aprender mais sobre a história da estrada em questão e do rodoviarismo brasileiro.

De acordo com a ABCP (2009), entre 1925 e 1926, como continuidade do plano viário desenvolvido por Washington Luís em seu governo, o trecho da serra da São Paulo-Santos recebeu pavimentação em concreto de cimento, tornando-se a primeira estrada pavimentada com concreto da América do Sul.

A ABCP ressalta ainda que a revolução de 30 deixou um hiato no crescimento e desenvolvimento da malha viária, diminuindo sensivelmente a atividade do setor. Até 1933, a Comissão de Estradas de Rodagem Federais (CERF) limitou-se a reparar as rodovias já existentes.

Em relação aos fatos marcantes na pavimentação brasileira, Bernucci et al (2006) salienta que o grande impulso na construção rodoviária brasileira ocorreu nas décadas de 1940 e 1950, graças à criação do Fundo Rodoviário Nacional (FRN) em 1946.

Ainda sobre o assunto, Prego (2001) diz que:

O ano de 1950 foi marcado pelo início da execução de pavimentos em escala industrial e da organização de grandes firmas construtoras. Anteriormente, embora já existisse o laboratório central do DNER (Departamento Nacional e Estradas de Rodagem), não havia ainda procedimentos amplamente aceitos para a aplicação das tecnologias rodoviárias. Isto tanto é verdadeiro que a pavimentação da presidente Dutra, em 1950, foi feita sem estudo geotécnico, com espessuras constantes de 35cm, sendo 20cm de base de macadame hidráulico e 15cm de um revestimento de macadame betuminoso por penetração dosado pela regra a quantidade de ligante é a que o agregado pede. Em alguns trechos se adotou pavimento de concreto de cimento Portland.

A ABCP (2009) salienta que até o início da década de 50 era intensa no Brasil a utilização do concreto de cimento Portland na pavimentação até que, a produção nacional de cimento passou a ser destinada ao suprimento de necessidades da construção civil levando ao setor procurar alternativas para o material. Nesta mesma época, foi desenvolvida nos EUA e utilizada no Brasil a tecnologia de pavimentos flexíveis à base de produtos betuminosos, em detrimento dos cimentados. Por sua vez, os preços dos derivados de petróleo eram atraentes, estimulando o meio técnico de pavimentação a aparelhar-se quase que exclusivamente para o emprego de pavimentos asfálticos.

Em relação à situação atual da pavimentação no país, Bernucci et al (2006) pontua que levantamentos da Confederação Nacional do Transporte têm considerado a grande maioria dos pavimentos do Brasil de baixo conforto ao rolamento, incluindo muitos trechos concessionados da malha federal. Estima-se de 1 a 2 bilhões de reais, por ano, para manutenção das rodovias federais. Nas últimas décadas, o investimento em infraestrutura rodoviária se encontra bem além das necessidades do país, havendo uma crescente insatisfação do setor produtivo com esse nível de investimento. Nota-se que os bens produzidos no país perdem competitividade no quesito infraestrutura de transportes, devido a uma matriz modal deficiente, onde as estradas (principal meio de escoamento da produção nacional) encontram-se em estado tal que não são capazes de atender as necessidades de transporte de carga nacionais.

Ainda sobre o assunto, o autor salienta que a competitividade da economia brasileira é prejudicada pela falta de investimento em infraestrutura, uma vez que isso acarreta um número crescente de acidentes, desperdício de carga e gasto elevado com manutenção e combustíveis. Pelas estimativas da Associação Nacional

dos Usuários de Transporte (Anut), o país perde US\$ 5 bilhões por ano com a precariedade, principalmente das estradas e dos outros segmentos do transporte.

2.3 SOLOS

Segundo Silva (2008), solo é a formação de um local por forças naturais, que ocorre com a sedimentação de alguns materiais. É a porção da superfície terrestre onde se anda e se constrói, material da crosta terrestre, não consolidado, que ordinariamente, se distingue das rochas, de cuja decomposição em geral provêm, por serem suas partículas desagregáveis pela simples agitação dentro da água.

O DNER (1996) pontua que a constituição de um solo determina o método de compactação a ser utilizado. E os tipos de solos são classificados pelo tamanho do grão, determinado pela passagem do solo através de uma série de peneiras para separar os diferentes tamanhos de grão (pedregulho, areia, areia grossa, areia fina, silte e argila).

Pedregulho: é a fração do solo que passa na peneira de (3") e é retida na peneira 2,00mm (número 10);
Areia: é a fração do solo que passa na peneira de 2,00(número 10) e é retida na peneira de 0,075mm (número 200);
Areia grossa: é a fração compreendida entre as peneiras de 2,00mm (número 10) e 0,42mm (número 40);
Areia fina: é a fração compreendida entre as peneiras de 0,42 (número 40) e 0,075mm (número 200);
Silte: é a fração com tamanho de grão entre a peneira de 0,075mm (número 200) e 0,005mm;
Argila: é a fração com tamanho de grãos abaixo de 0,005 (argila coloidal é fração com tamanhos de grãos abaixo de 0,001mm). (DNER,1996)

No que se refere à construção de um pavimento, Senço (2007) salienta que é preciso o conhecimento não só dos materiais constituintes das camadas desse pavimento, mas também dos materiais constituintes do subleito e dos materiais que possam interferir na construção dos drenos, acostamentos, cortes e aterros. Entre os materiais destaca-se o solo, que interfere em todos os estudos de um pavimento, pois mesmo não sendo eventualmente utilizado nas camadas previstas, será sempre o suporte da estrutura.

2.3.1 Estabilização dos solos para fins de pavimentação

Para Marques (2015) estabilizar um solo significa conferir-lhe a capacidade de resistir e suportar as cargas e os esforços induzidos pelo tráfego normalmente aplicados sobre o pavimento e também às ações erosivas de agentes naturais sobre as condições mais adversas de sollicitação consideradas no projeto.

Já Senço (2001) diz que a estabilização de um solo consiste em dotá-lo de condições de resistir a deformações e ruptura durante o período em que estiver exercendo funções que exigem essas características, num pavimento ou outra obra qualquer.

Entre as características que um solo estabilizado deve apresentar ressaltam-se a resistência ao cisalhamento e a resistência à deformação. A condição de resistência ao cisalhamento deve fazer com que o solo, quando sujeito às tensões oriundas da passagem de veículos, resista, sem se romper, a deformações além de certos limites considerados ainda compatíveis com as necessidades do tráfego (SENÇO, 2001).

2.4 PAVIMENTAÇÃO

2.4.1 Definição

Para Bernucci et al. (2006) pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplanagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundo do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança.

Segundo Balbo (2007) pavimento é “uma estrutura composta por camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados, adequada por atender estrutural e operacionalmente ao tráfego, de maneira durável e ao mínimo custo”.

Por fim, Santana (1993) pontua que pavimento é uma estrutura construída sobre a superfície do leito, após os serviços de terraplanagem, por meio de camadas

de vários materiais de diferentes características de resistência e deformabilidade, cuja principal função é fornecer segurança e conforto ao usuário.

De acordo com a NBR-7207, as principais funções de um pavimento são:

- Resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais provenientes do tráfego;
- Melhorar as condições de rolamento quanto a comodidade e segurança;
- Resistir aos esforços horizontais tornando mais durável possível a superfície de rolamento. (ABNT, 1992)

2.4.2 Estrutura do Pavimento

De acordo com Bernucci et al. (2006) as estruturas de pavimentos são sistemas de camadas assentes. O comportamento estrutural depende da espessura de cada uma das camadas, da rigidez destas e do subleito, bem como da interação entre as diferentes camadas do pavimento.

Balbo (2007) salienta que cada camada do pavimento possui uma ou mais funções específicas, que devem proporcionar aos veículos, em qualquer ação climática, condições adequadas de rolamento e suporte.

Para se dimensionar adequadamente uma estrutura de pavimento, deve-se conhecer bem as propriedades dos materiais que a compõem, sua resistência à ruptura, permeabilidade e deformabilidade, frente à repetição de carga e ao efeito do clima. (BERNUCCI et al., 2006)

A NBR-7207/82 da ABNT, pontua que a estrutura do pavimento é formado por camadas (subleito, reforço do subleito, sub-base, base e revestimento).

2.4.2.1 Subleito

É o terreno de fundação do pavimento ou revestimento.

De acordo com Senço (2001), se o preparo do subleito não for executado com todos os requisitos técnicos, pode comprometer todo o trabalho de pavimentação. Sendo o suporte sobre o qual vão trabalhar as camadas do pavimento, e sendo o receptáculo final das cargas transmitidas através do pavimento, o subleito mal executado fatalmente trará danos a toda a estrutura.

2.4.2.2 Reforço do subleito

É a camada de espessura constante, construída se necessário acima da regularização, com características tecnológicas superiores às da regularização e inferiores às da camada imediatamente superior, ou seja, a sub-base.

Os solos ou outros materiais escolhidos para reforço de subleito devem atender às condições de resistir às pressões aplicadas na interface entre a sub-base e o reforço, que são menores que as pressões aplicadas na interface entre a base e a sub-base, mas que são maiores que as pressões aplicadas na interface entre o reforço e o subleito (SENÇO, 2001).

Ainda sobre o assunto, o autor pontua que no caso de pavimentos rígidos, geralmente essa camada de reforço é dispensada, já que as pressões transmitidas através da placa de concreto chegam à interface entre a placa e a sub-base bastante amortecidas.

2.4.2.3 Sub-base

É a camada corretiva do subleito, ou complementar à base, quando por qualquer circunstância não seja aconselhável construir o pavimento diretamente sobre o leito obtido pela terraplanagem.

De acordo com Silva (2008), os materiais que podem ser empregados como sub-base são: o cascalho, solo-cal, solo-cimento.

A sub-base geralmente é utilizada em rodovias importantes, que suportam tráfego pesado, podendo ser dispensada quando o solo do subleito é de excelente qualidade. Além de sua importância estrutural ao pavimento, a sub-base, tem a função de prevenir a intrusão ou bombeamento do solo do subleito na base, o que pode levar o pavimento a ruína; prevenir o acúmulo de água livre no pavimento, além disso, deve proporcionar uma plataforma de trabalho para os equipamentos utilizados na fase de construção do pavimento (PINTO E PREUSSLER, 2002).

2.4.2.4 Base

É a camada que tem por função aliviar a tensão nas camadas inferiores, permitir a drenagem das águas que se infiltram no pavimento (por meio de drenos) e

resistir às tensões e deformações atuantes. A tensão máxima de cisalhamento ocorre na base, logo ela deverá ser constituída de material de excelente qualidade e ser muito bem construída. Os materiais que podem ser empregados nesta camada são: brita graduada simples (BGS), concreto compactado a rolo, brita graduada tratada com cimento (BGTC), macadames hidráulico e seco, solo-cal, solo-cimento e solo-brita.

Segundo Bernucci et al (2006) a brita graduada simples é um dos materiais granulares bastante utilizado no país como base e sub-base de pavimentos asfálticos. Consiste em um material com distribuição granulométrica bem-graduada, com diâmetro máximo dos agregados não excedendo a 38mm e finos entre 3 a 9% (passante na peneira número 200), que confere um bom intertravamento do esqueleto sólido e uma boa resistência, com ISC normalmente elevado, da ordem de 60% a maiores que 100%.

Outro material largamente utilizado no país é o macadame hidráulico. Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT 95/ 2006, trata-se de uma camada de brita de graduação aberta de tipo especial, que, após compressão, tem os vazios preenchidos pelo material de enchimento, constituído por finos de britagem (pó de pedra), ou mesmo por solos de granulometria e plasticidade apropriada (BRASIL, 2006).

A brita graduada tratada com cimento (BGTC) também tem sido muito utilizada, principalmente em pavimentos de vias com grande volume de tráfego. Entretanto Balbo (1993) pontua que este material devido à cura do cimento, apresenta retração, levando ao aparecimento de fissuras e trincas, se empregado na base.

Atualmente o solo-cimento tem sido muito utilizado em vias brasileiras, pois é bastante resistente e durável.

Solo-cimento é uma mistura devidamente compactada de solo, cimento Portland e água; a mistura solo-cimento deve satisfazer a certos requisitos de densidade, durabilidade e resistência, dando como resultado um material duro, cimentado, de acentuada rigidez à flexão. O teor de cimento adotado usualmente é da ordem de 6% e 10% (BRASIL, 2006).

O uso de solo-cal em base ou sub-base ainda é pouco empregado no Brasil. Segundo Senço (2001), o pequeno número de pistas experimentais executadas no país teve pouca divulgação, todavia as conclusões quanto ao uso são positivas, uma

vez que a incorporação de cal melhora as características dos solos quanto à plasticidade, aumentando sobremaneira sua capacidade de suporte, ação essa que vai crescendo com o correr do tempo.

2.4.2.5 Revestimento

É a camada que recebe diretamente a ação do rolamento dos veículos, destinada econômica e simultaneamente a melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança; e resistir aos esforços que nele atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento.

Senço (2001) enfatiza que devido o revestimento ser a camada mais nobre do pavimento, a sua execução deve ser procedida de detalhados ensaios de dosagem e acompanhada por rigorosos ensaios de controle.

Na maioria dos pavimentos brasileiros usa-se como revestimento uma mistura de agregados minerais, de vários tamanhos, podendo também variar quanto à fonte, com ligantes asfálticos que, de forma adequadamente proporcionada e processada, garanta ao serviço executado os requisitos de impermeabilidade, flexibilidade, estabilidade, durabilidade, resistência à derrapagem, resistência à fadiga e ao trincamento térmico, de acordo com o clima e o tráfego previsto para o local (BERNUCCI et al, 2006).

O autor ainda expõe que o concreto asfáltico (CA), também denominado concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) é bastante utilizado no Brasil para constituir a camada de revestimento. Tal concreto é o resultado da mistura convenientemente proporcionada de agregados de vários tamanhos e cimento asfáltico.

Outro tipo de revestimento asfáltico é o SMA (Stone Matrix Asphalt), criado para maximizar o contato entre os agregados graúdos, aumentando a interação grão/grão;

Ainda sobre o assunto o autor pontua que a Gap-graded foi recentemente empregada no país, tal mistura asfáltica tem sido utilizada como camada estrutural de revestimento, por exemplo, na restauração da pavimentação e na duplicação de trechos na Rodovia BR-040, com asfalto-borracha.

A utilização das misturas areia e asfalto, na construção de revestimento de pavimentos, é uma solução de larga aplicação, principalmente no nordeste do país,

nas regiões onde há escassez de agregados para essas misturas. Mesmo nas regiões onde existe pedra, pelo menos para suprir a demanda da construção dos revestimentos, deve-se pesquisar a possibilidade de utilizar areia asfalto, por razões econômicas, sem sacrifício das condições técnicas (SENÇO, 2001).

Além dos tipos de misturas descritos acima, outro tipo de mistura asfáltica largamente utilizada no Brasil é a lama asfáltica. A sua aplicação principal está na manutenção de pavimentos, especialmente nos revestimentos com desgastes superficiais e pequenos graus de trincamento, é usada normalmente em ruas e vias secundárias.

Segundo Bernucci et al (2006), a lama asfáltica não corrige irregularidades acentuadas nem aumenta a capacidade estrutural, embora a impermeabilização da superfície possa promover em algumas situações a diminuição das deflexões devido ao impedimento ou redução de penetração de água nas camadas subjacentes ao revestimento.

2.4.3 Tipos de Pavimentos

Os pavimentos podem ser classificados em:

- Pavimentos rígidos;
- Pavimentos semi-rígidos;
- Pavimentos flexíveis;

2.4.3.1 Pavimento Rígido

De acordo com Senço (2007) pavimentos rígidos são aqueles pouco deformáveis, constituídos principalmente de concreto de cimento. Rompem por tração na flexão, quando sujeitos a deformações.

Sobre o assunto Brasil (2006) pontua que pavimento rígido é aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado. Exemplo típico: pavimento constituído por lajes de concreto de cimento Portland.

De acordo com a ABCP (2009) o pavimento rígido tem uma durabilidade até 7 vezes maior que a do asfalto. Além da durabilidade e da baixa manutenção, o

pavimento de concreto tem um alto índice de desempenho devido as propriedades do concreto, tais como elevada resistência mecânica e ao desgaste e a baixa permeabilidade.

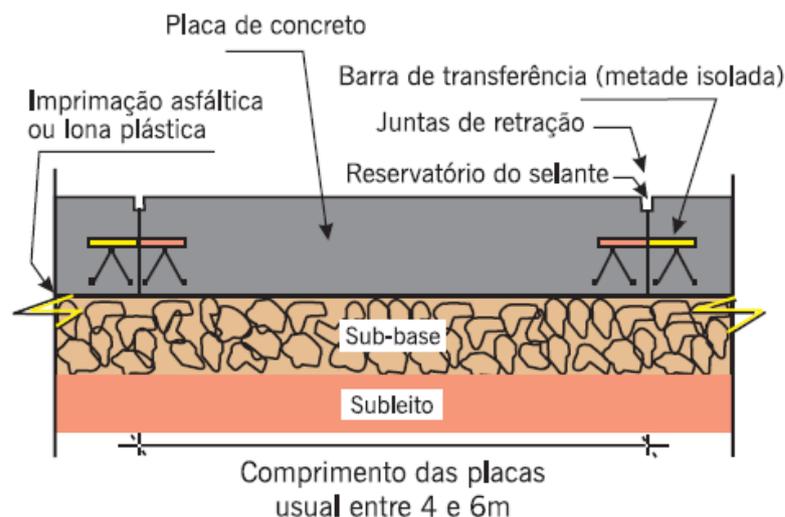
Silva (2008) enfatiza que estudos apontam que o uso desse tipo de pavimento a médio e longo prazo é mais vantajoso, pois acarreta menos custo anual, além disso, o pavimento em concreto tem excelente capacidade de reflexão de luz, requerendo até 60% menos iluminação.

Ainda sobre as vantagens de pavimentar em concreto, o autor ressalta que quando a superfície do solo está úmida, a rugosidade do pavimento faz com que aumente a segurança de rolamento, mantendo assim o conforto.

Sobre a questão ambiental, a ABCP (2005) diz:

Os pavimentos rígidos são pavimento ecologicamente corretos já que contribuem para a proteção ambiental. As contribuições para o meio ambiente são: não aumentam a temperatura do ar, reduz o consumo de combustíveis, pode incorporar em sua massa resíduos industriais. É totalmente reciclável ao fim da vida útil, podendo ser utilizado como subprodutos industriais como cinzas volantes de termelétricas, gesso sintético, entre outras (ABCP, 2005).

Figura 1: Croqui do Pavimento Rígido – camadas constituintes.



Fonte: <http://quemmandoufazerengenharia.files.wordpress.com/2013/08/camadas-pavimentos.png>. Acesso em 15 out. de 2015.

2.4.3.2 Pavimento Semirrígido

Caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como, por exemplo, por uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica (BRASIL, 2006).

Já Silva (2008) salienta que esse tipo de pavimento é aquele em que a base da estrutura é executada com a adição de cimento. Devido ao aumento de rigidez e consequentemente do módulo de elasticidade, ele absorve parte dos esforços a tração.

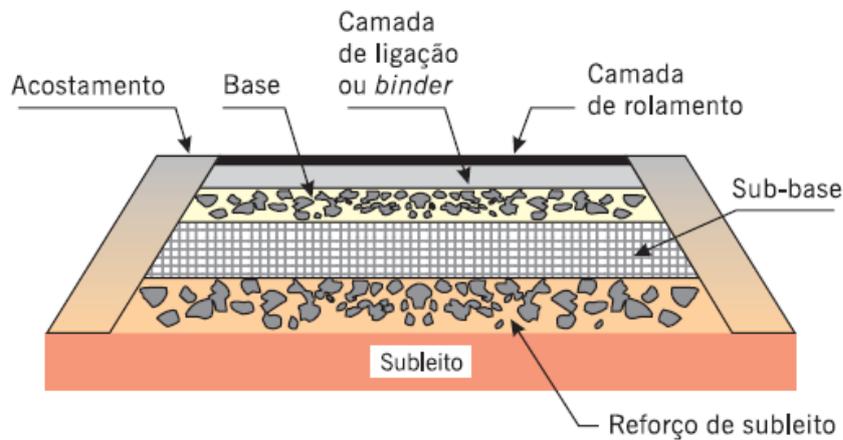
2.4.3.3 Pavimento flexível

Aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Exemplo típico: pavimento constituído por uma base de brita (brita graduada, macadame) ou por uma base de solo pedregulhos, revestido por uma camada asfáltica (BRASIL, 2006).

Senço (2007) pontua que são dimensionados normalmente a compressão e a tração na flexão, provocada pelo aparecimento das bacias de deformação sob as rodas dos veículos, que levam a estruturas a deformações permanentes, e ao rompimento por fadiga.

O autor salienta ainda que a dificuldade maior de adotar essa classificação é a liberdade de utilizar camadas flexíveis e rígidas numa mesma estrutura de pavimento. Desta forma, nada impede a execução de uma camada de revestimento de concreto asfáltico, que é flexível, sobre uma camada de base de solo cimento, que é rígida.

Figura 2: Croqui do Pavimento Flexível – camadas constituintes.



Fonte: <http://quemmandoufazerengenharia.files.wordpress.com/2013/08/camadas-pavimentos.png>. Acesso em 15 out. de 2015.

2.4.4 Avaliação das condições dos pavimentos

O pavimento deve ser concebido, projetado, construído e conservado de forma a apresentar, invariavelmente, níveis de serventia compatíveis e homogêneos, em toda sua extensão, os quais são normalmente avaliados através da apreciação de três características gerais de desempenho: a segurança, o conforto e a economia (BRASIL, 2006).

É sabido que a pavimentação das vias tem como objetivo garantir que a trafegabilidade seja feita em qualquer época do ano e sob as diversas condições climáticas, dessa forma pode proporcionar aos usuários conforto ao rolamento e segurança.

Segundo Bernucci et al (2006) se for levado em consideração o ponto de vista do usuário, o estado da superfície do pavimento é o mais importante, pois os defeitos ou irregularidades nessa superfície são percebidos uma vez que afetam seu conforto. Quando o conforto é prejudicado, significa que o veículo também sofre mais intensamente as consequências desses defeitos.

Tais consequências estão diretamente relacionadas com maiores gastos com peças de manutenção dos veículos, com consumo de combustível e de pneus, além do tempo de viagem que devido às más condições aumenta o tempo gasto.

2.4.5 Patologias em pavimentos

Com o decorrer do tempo, os pavimentos podem apresentar defeitos em suas estruturas. Tais defeitos podem aparecer precocemente ou a médio ou longo prazo e podem ser identificados e classificados.

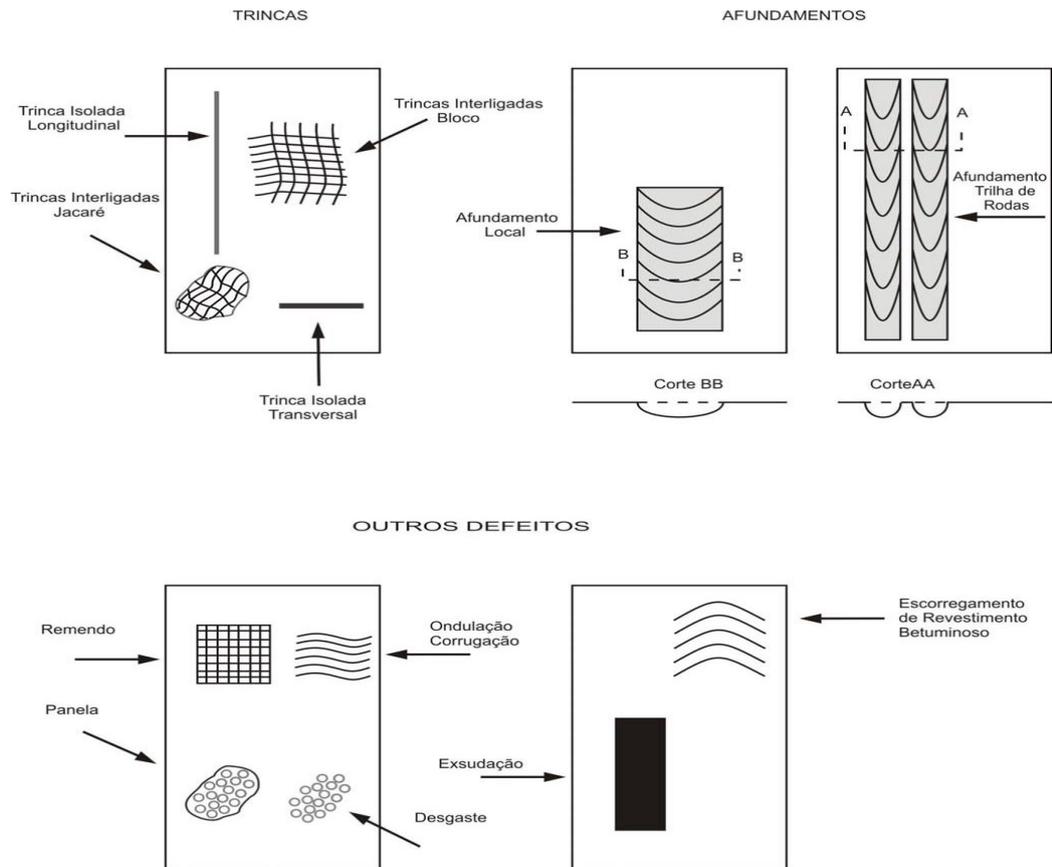
Bernucci et al (2006) salienta que entre os erros ou inadequações que levam à redução da vida útil do pavimento, destacam-se os erros de projeto, erros ou inadequações na seleção, na dosagem ou na produção de materiais, erros ou inadequações construtivas; erros ou inadequações nas alternativas de conservação e manutenção.

De acordo com Link (2009), as patologias estão ligadas aos materiais empregados e ao comportamento mecânico que é particular de cada estrutura.

Os tipos de defeitos encontrados em pavimentos flexíveis e semirrígidos são: fenas (F); afundamento (A); corrugação e ondulações transversais (O); exsudação (EX); desgaste ou desagregação (D); panela ou buraco (P); e remendos (R).

A figura a seguir foi extraída da norma DNIT 005/2003-TER, nela tem-se a representação esquemática das patologias ocorrentes na superfície dos pavimentos flexíveis e semirrígidos.

Figura 3: Representação esquemática dos defeitos em pavimentos flexíveis.



Fonte: DNIT 005;2003-TER

Tais patologias são definidas a seguir conforme a norma DNIT 005/2003-TER:

2.4.5.1 Fendas

Qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, que conduza a aberturas de menor ou maior porte, apresentando-se sob diversas formas. Podem ser classificadas como fissura ou trinca.

Fissura: fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível a vista a uma distância inferior a 1,50m.

Trinca: fenda no revestimento, com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou interligada. As trinças isoladas podem ainda se subdividirem em: transversal (quando apresenta direção predominantemente ortogonal ao eixo da via), longitudinal (quando apresenta

direção predominantemente paralela ao eixo da via) e retração (quando o seu aparecimento não é atribuído aos fenômenos de fadiga e sim aos fenômenos de retração térmica ou do material do revestimento ou do material de base rígida ou semirrígida subjacentes ao revestimento trincado). Já as trincas interligadas são subdivididas em: couro de jacaré (trinca sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré, podem apresentar, ou não, erosão acentuada nas bordas) e bloco (trinca interligada caracterizada pela configuração de blocos formados por lados bem definidos, podendo, ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas).

Figura 4: Trinca isolada-transversal.



Fonte: DNIT 005/2003-TER

Figura 5: Trinca interligada- tipo jacaré.



Fonte: DNIT 005/2003-TER

2.4.5.2 Afundamento

Deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não de solevamento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico (causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de solevamento) ou de consolidação (causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito sem estar acompanhado de solevamento).

Figura 6: Afundamento de trilha de roda.



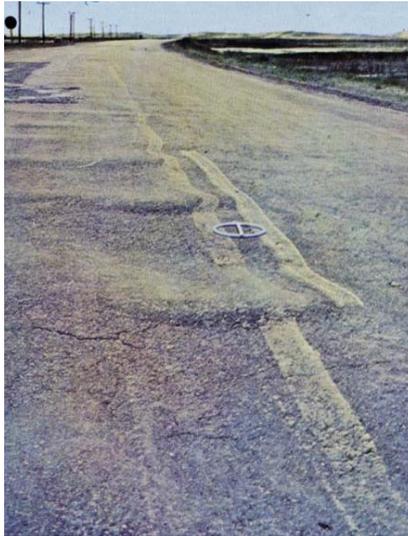
Fonte: DNIT 005/2003-TER

2.4.5.3 Ondulação ou Corrugação

Deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento.

Acerca do assunto, Bernucci et al expõe que as corrugações são deformações transversais ao eixo da pista, em geral compensatórias, com depressões intercaladas de elevações, com comprimento de onda entre duas cristas de alguns centímetros ou dezenas de centímetros. Já as ondulações são também deformações transversais ao eixo da pista, em geral decorrentes da consolidação diferencial do subleito, diferenciadas da corrugação pelo comprimento de onda entre duas cristas da ordem de metros. Essas duas deformações são decorrentes de fenômenos diferentes.

Figura 7: Ondulação.



Fonte: DNIT 005/2003-TER

2.4.5.4 Escorregamento

É o deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua.

Figura 8: Escorregamento.



Fonte: DNIT 005/2003-TER

2.4.5.5 Exsudação

É o excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento.

Figura 9: Exsudação.



Fonte: DNIT 005/2003-TER

2.4.5.6 Desgaste

Trata-se do efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego.

Figura 10: Desgaste (D).



Fonte: DNIT 005/2003-TER

2.4.5.7 Panela ou buraco

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

Figura 11: Panela ou buraco.



Fonte: DNIT 005/2003-TER

2.4.5.8 Remendos

Segundo DNIT (2006) remendo é a porção do revestimento onde o material original foi removido e substituído por outro material (similar ou diferente). Os remendos existentes são considerados em geral falhas, já que refletem o mau comportamento da estrutura. Além disso, são considerados defeitos quando provocam desconforto devido as solicitações intensa do tráfego, uso de material de má qualidade, a agressividade das condições ambientais e problemas construtivos.

As figuras a seguir mostram dois tipos de remendos executados.

Figura 12: Remendo mal executado



Fonte: Bernucci et al, 2006.

Figura 13: Remendo bem executado.



Fonte: Bernucci et al, 2006

2.4.6 Manutenção de pavimentos

A manutenção de um pavimento consiste primeiramente em determinar a causa do defeito. Tal atividade é um trabalho rotineiro efetuado com o objetivo de manter o pavimento próximo de sua condição original, quando da construção, sob condições normais de tráfego e temperatura (SILVA, 2008).

Para Bernucci et al (2006) a manutenção do pavimento se constitui no conjunto de operações que são desenvolvidas objetivando manter ou elevar, a níveis desejáveis e homogêneos, as características gerais de desempenho-segurança, conforto e economia do pavimento.

Em relação ao assunto, Silva (2008) exprime que para pavimento flexível há dois tipos de manutenção:

- Manutenção preventiva: selagem de trinca, manutenção da drenagem e camadas de selamento (micro revestimento asfáltico a frio, lama asfáltica, tratamentos superficiais, selamento com areia ou com emulsão);

Quando são identificadas trincas isoladas no revestimento, o seu tratamento por selagem é eficiente no retardamento de sua evolução e da consequente necessidade de uma intervenção de restauração de maior magnitude (BERNUCCI et al, 2006).

- Manutenção corretiva: remendo e os tratamentos superficiais.

De acordo com Bernucci et al (2006) os tipos de revestimentos geralmente empregados no remendo são o concreto asfáltico, o SMA (como camada de rolamento para resistir a deformações permanentes em vias de tráfego pesado), misturas descontínuas e o pré-misturado a quente.

3.METODOLOGIA

A pesquisa é um estudo de caso que tem como finalidade apontar as patologias e possíveis soluções para os pavimentos onde estão localizadas as estações de ônibus Krahô, Apinajé e Xambioá na cidade de Palmas-TO.

Inicialmente foi feita uma revisão bibliográfica acerca do tema pavimentação, pontuando os assuntos: história da pavimentação no mundo e no Brasil, definição do que é pavimento, composição de pavimentos, tipos de pavimentos, patologias, causas e possíveis soluções em pavimentos. Além deste tema foi realizada uma breve pontuação sobre solos e estabilização destes para a pavimentação. É válido ressaltar que esta etapa de construção do trabalho foi composta de livros de autores conceituados no assunto, tais como: Bernucci et al (2006), Senço (2001) e Senço (2007), além das normas técnicas do DNIT, 005/2003-TER e 008/2003. Estas referências serviram de base para discutir os dados obtidos na coleta em campo.

Para a pesquisa de campo, foram realizadas visitas na Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos e na Secretaria Municipal de Acessibilidade, Mobilidade, Trânsito e Transporte da cidade de Palmas, com o intuito de obter o arquivo relacionado à construção das vias, o diário de obra das manutenções realizadas nos pavimentos e o volume de tráfego nas estações. A prefeitura disponibilizou apenas os dados relacionados ao volume de tráfego do transporte coletivo nas estações.

Em seguida realizou-se a coleta dos dados nas estações, nesta etapa foram pontuadas as patologias encontradas e as possíveis causas. Posteriormente foi feita a análise dos dados obtidos.

A seguir foi pontuada a questão climática da cidade de Palmas e o volume de tráfego nas estações de ônibus, tais dados serviram de base para fazer a avaliação do pavimento e assim desenvolver a conclusão do trabalho.

Para finalizar o estudo, propostas foram levantadas a fim de solucionar o problema ressaltado.

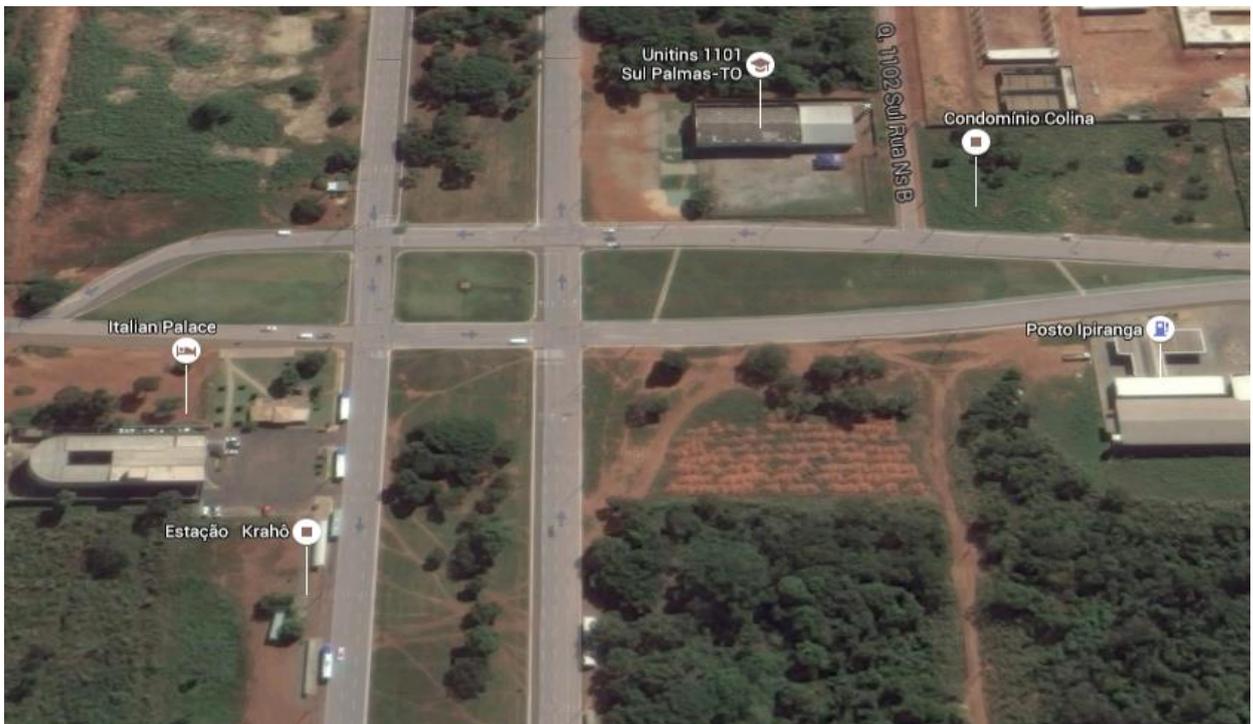
3.1 APRESENTAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

O trabalho tem como objeto os pavimentos onde estão localizadas as estações de ônibus Krahô, Apinajé e Xambioá na Avenida Teotônio Segurado, no município de Palmas-TO. Tais estações foram criadas com o objetivo de proporcionar maior conforto aos usuários, proporcionando a estes a diminuição de tempo gasto com locomoção, além de proporcionar um transporte de qualidade.

A escolha das estações foi devido às mesmas estarem localizadas em locais de grande fluxo de veículos e por estarem no centro da cidade. Verificou-se nos locais em que os ônibus param para a entrada e saída de passageiros a existência de várias patologias no pavimento.

As figuras a seguir mostram as localizações de cada estação na cidade de Palmas-TO.

Figura 14: Imagem da Estação Krahô, na Avenida Teotônio Segurado em Palmas TO.



Fonte: Google Maps (2016).

Figura 15: Imagem da Estação Xambioá, na Avenida Teotônio Segurado em Palmas-TO.



Fonte: Google Maps (2016).

Figura 16: Imagem da Estação Apinajé, na Avenida Teotônio Segurado em Palmas-TO.



Fonte: Google Maps (2016).

3.2 LEVANTAMENTO EM CAMPO

Para o levantamento dos dados em campo foi feito primeiramente o registro fotográfico das patologias encontradas, a seguir com a trena foram feitas as medições de tais defeitos e na prancheta foram anotados os dados relativos ao tamanho, espessura, profundidade e quantidade das patologias.

3.3 DIAGNÓSTICO

Depois do levantamento em campo foi feita uma análise das imagens obtidas nas estações, comparando-as com as presentes na revisão bibliográfica (imagens descritas conforme a Norma DNIT 005/2003-TER).

Ao se concluir tal análise foi possível levantar hipóteses sobre as possíveis causas dos defeitos nos pavimentos estudados.

Outros pontos relevantes para o desenvolvimento da pesquisa foram os levantamentos do fator climático da cidade e o volume de tráfego nas vias onde ficam as estações. Estes serviram para fazer a avaliação dos pavimentos e assim determinar a manutenção.

3.4 SUGESTÕES DE CORREÇÃO

Esta etapa do estudo teve como base os autores Bernucci et al (2006) e Silva (2008), além do Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT, a fim de apontar as possíveis soluções para as patologias encontradas. Foram descritas formas de reparo, manutenção e correção.

Além disso, foi ressaltada de forma sucinta a necessidade da reestruturação da drenagem das águas pluviais, já que no período chuvoso as vias onde estão localizadas as estações ficam em estado caótico, devido à ineficiência do sistema implantado para o escoamento da água.

4.RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PATOLOGIAS ENCONTRADAS NOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS.

4.1.1 Estação Krahô

Foram registradas diversas patologias na estação de transporte público Krahô, são elas:

- Panela ou buracos

A presença de painelas na faixa em que o ônibus estaciona é intensa, foram encontradas um total de 17 (dezessete), com variação de dimensões que pode chegar até 90 centímetros de comprimento e 22 centímetros de profundidade.

Essas deformações podem ser observadas nas Figuras 12 e 13 a seguir.

Figura 17: Painelas I- Estação Krahô.



Fonte: Autor (2015).

Figura 18: Painéis II- Estação Krahô.



Fonte: Autor. (2015)

Segundo o Manual de Restauração de pavimentos asfálticos, DNIT (2006) esse tipo de 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.

O manual ainda pontua que as principais causas de tal patologia podem estar relacionadas a trincamento por fadiga (estágio terminal) e a desintegração localizada na superfície do pavimento (desgaste de severidade alta).

- Trincas

A existência dessa patologia é bem acentuada, praticamente 80%(oitenta por cento) da estação (ponto sentido Norte/Sul) está danificada por trincas. Foram identificadas trincas interligadas do tipo couro de jacaré, conforme são evidenciadas na figura abaixo.

Figura 19: Trinca interligada-tipo couro de jacaré na estação Krahô.



Fonte: Autor (2015).

De acordo com DNIT (2006) as fendas são causadas pelo tráfego atuante que pelo ciclo do carregamento e alívio promovem tensões de tração na fibra interior do revestimento. Além disso, são causadas também pela alternância da mudança diária de temperatura que acusam contrações de revestimento existente e pela reflexão no revestimento de trincas existentes em bases cimentadas (base de solo cimento).

Sobre o assunto, Silva (2005) salienta que as principais causas desse tipo de defeito é a utilização de material de má qualidade, a mão de obra negligenciada, espessura insuficiente para o tráfego existente, a idade do pavimento, e a retração da base.

- Remendos

Existe uma quantidade muito grande de remendos realizados de forma corretiva pela prefeitura de Palmas. Nota-se que existem remendos antigos e mais recentes e até mesmo remendos sobre remendos. As figuras 16 e 17 mostram claramente os defeitos nas faixas onde os ônibus param para a entrada e saída de passageiros.

De acordo com DNIT (2006) os remendos deterioram-se por diversos mecanismos, ou seja, devido às ações do tráfego combinada com as condições ambientais. Tal deterioração dos remendos ocorre nas áreas remendadas, que se localizam em regiões isoladas do pavimento.

Figura 20: Remendos I- Estação Krahô.



Fonte: Autor (2015).

Figura 21: Remendos II- Estação Krahô.



Fonte: Autor (2015).

- Afundamento da trilha de roda

As deformações por afundamento estão bem acentuadas na pista sentido Sul/Norte, além disso, atingem não só o perímetro da estação, mas aproximadamente 20(vinte) metros antes.

Para Silva (2005) esse defeito é decorrente da redução de volume ou devido ao deslocamento relativo entre as camadas.

A figura a seguir evidencia a presença de afundamento antes da parada de ônibus na estação Krahô.

Figura 22: Afundamento da trilha de roda- antes da Estação Krahô.



Fonte: Autor (2015).

Figura 23: Afundamento da trilha de roda- em frente à Estação Krahô.



Fonte: Autor (2015).

- Escorregamento do revestimento betuminoso

Estão mais acentuados na estação se comparado com outros defeitos. Cerca de 100% (cem por cento) do perímetro da estação que fica no sentido Norte/Sul está comprometido.

Segundo o Manual de restauração de pavimento asfáltico, DNIT (2006), as causas para esse tipo de defeito podem ser:

Ligação inadequada entre o revestimento e a camada sobre a qual este se apoia (deficiências na imprimação ou pintura de ligação); Inércia limitada do revestimento asfáltico em virtude de sua reduzida espessura; Compactação deficiente das misturas asfálticas ou da porção superior da camada de base; Fluência plástica do revestimento na ocorrência de temperaturas elevadas (DNIT,2006).

Ainda sobre esse tipo de patologia, o DNIT (2006) ressalta que o escorregamento poderá ser encontrado nas regiões de aceleração e de desaceleração, como: rampas acentuadas (aclives ou declives), curvas horizontais de raio pequeno, interseções e próximo a paradas de ônibus ou obstáculos (lombadas ou sonorizadores).

A figura a seguir mostra a patologia supracitada.

Figura 24: Escorregamento- Estação Krahô.



Fonte: Autor (2015).

- **Desgaste**

A presença de perda de agregados do revestimento asfáltico pode ser observado em uma parte da estação, sentido Norte/Sul, conforme pode ser verificado na figura 22.

Figura 25: Desgaste- Estação Krahô.



Fonte: Autor (2015).

De acordo com o DNIT (2006) o desgaste pode ser provocado pelos seguintes motivos:

- Redução da ligação existente entre o agregado e o ligante devido à oxidação do ligante e pela ação combinada do tráfego e dos agentes intempéricos;
- Perda de coesão entre agregado e ligante devido à presença de poeira ou sujeira no momento da construção;
- Execução da obra em condições meteorológicas desfavoráveis;
- Presença de água no interior do revestimento que originam sobre pressões hidrostáticas capazes de provocar o descolamento da película betuminosa;
- Deficiência localizada de ligante asfáltico nos serviços por penetração decorrente de entupimentos dos bicos ou má regulagem da barra espargidora.

4.1.2 Estação Xambioá

As patologias identificadas na estação Xambioá foram:

- Trinca interligada tipo couro de jacaré

A presença desse tipo de defeito é acentuada na estação. Notou-se que devido à intensidade do mesmo, este está provocando o surgimento de panelas, conforme pode ser verificado na figura a seguir.

Figura 26: Trinca interligada – Tipo couro de jacaré- Estação Xambioá.



Fonte: Autor (2015).

- Remendos

Através da figura abaixo é possível verificar que diversos remendos foram realizados de forma corretiva. Percebe-se que existem remendos antigos e outros mais recentes.

Figura 27: Remendos- Estação Xambioá.



Fonte: Autor (2015).

- Escorregamento de massa

Dentre os defeitos observados, o escorregamento de massa é bastante acentuado na estação, conforme consta na figura a seguir.

Figura 28: Escorregamento- Estação Xambioá.



Fonte: Autor (2015).

- Panela

Diversas painelas podem ser verificadas ao longo da estação. Muitas passaram por remendos, mas ainda assim estão desgastadas, já outras estão surgindo devido outras patologias existentes no local.

A figura a seguir mostra uma panela que passou por remendo, mas que está ressurgindo devido ao tráfego.

Figura 29: Panela- Estação Xambioá.



Fonte: Autor (2015).

- Desgaste

Através de a figura a seguir é possível verificar a perda de agregados do revestimento asfáltico localizado na estação Xambioá.

Figura 30: Desgaste- Estação Xambioá.



Fonte: Autor (2015).

- Exsudação

A existência desse tipo de patologia é evidenciada na estação Xambioá, conforme se verifica na figura a seguir. Nota-se a presença de “manchas” de variadas dimensões.

Figura 31: Exsudação- Estação Xambioá.



Fonte: Autor (2015).

Segundo o DNIT (2006), a exsudação poderá ocorrer devido a duas causas:

- Dosagem inadequada da mistura asfáltica, acarretando teor excessivo de ligante e/ou índice de vazios muito baixo;
- Temperatura do ligante acima da especificada no momento da mistura, acarretando a dilatação do asfalto e ocupação irreversível dos vazios entre as partículas.

4.1.3 Estação Apinajé

As patologias encontradas na estação Apinajé foram:

- Panela

Figura 32: Panela- Estação Apinajé.



Fonte: Autor (2015).

Foram encontradas 5 (cinco) painelas no perímetro da estação Apinajé. Notou-se que o surgimento destas está ligado à existência de trincas por fadiga, que por sua vez originaram placas, dando início ao processo de formação dessas painelas. As dimensões chegam a até 60 (sessenta) centímetros de comprimento e 5 (cinco) centímetros de profundidade.

- Trinca interligada tipo couro de jacaré- Estação Apinajé

Foi observado que 80 (oitenta) por cento da via está acometida por essa patologia, a predominância está nos locais onde o eixo da roda passa. A figura a seguir mostra a patologia encontrada.

Figura 33: Trinca interligada tipo couro de jacaré-Estação Apinajé.



Fonte: Autor (2015).

- Exsudação

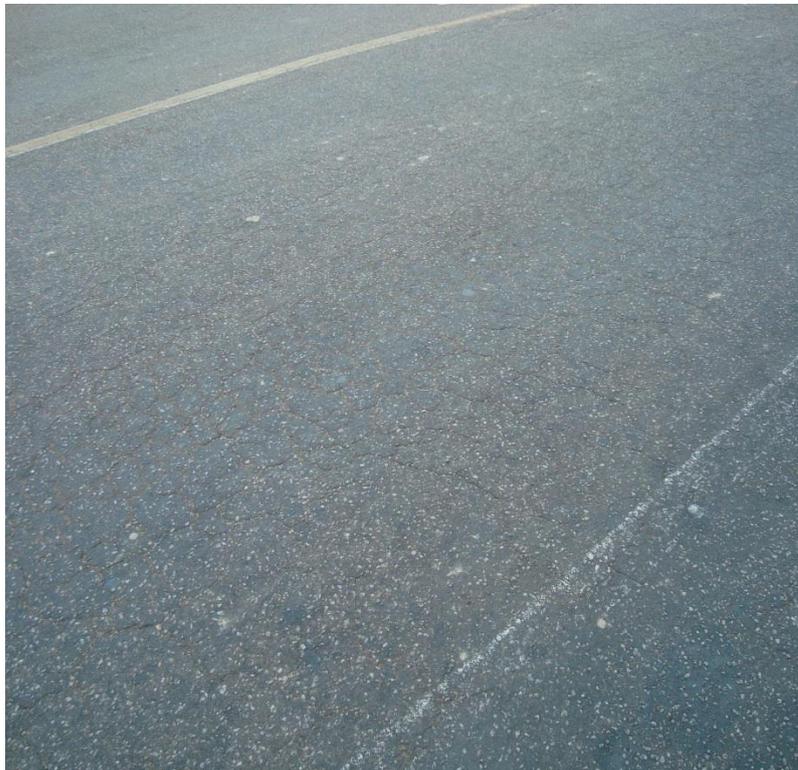
A existência de exsudação é de aproximadamente 10 (dez) metros analisando em linha reta na segunda faixa da esquerda para a direita. A figura abaixo mostra a patologia.

Figura 34: Exsudação- Estação Apinajé.



Fonte: Autor (2015).

Figura 35: Desgaste- Estação Apinajé.



Fonte: Autor (2015).

Através da figura acima é possível verificar que grande parte do pavimento da estação está com desgaste.

- Trinca isolada longitudinal longa

Figura 36: Trinca isolada longitudinal longa.



Fonte: Autor (2015).

Foi observada a presença de uma trinca isolada longitudinal longa de 1,20 (um metro e 20 centímetros) em frente à boca de lobo.

4.1.4 Análise dos dados coletados

Através dos dados coletados em campo é possível salientar que existe uma grande diversidade e quantidade de patologias nas vias onde estão as estações de ônibus Krahô, Xambioá e Apinajé. É válido mencionar que estes defeitos são altamente significativos para as condições da via e que o desconforto é constante e prejudicam os veículos que transitam pela via.

É percebido que um dos grandes problemas encontrados nos pavimentos onde estão localizadas as estações, são remendos mal executados.

Portanto, se levássemos em consideração a norma do DNIT-PRO 008/2003, que pontua acerca do Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis-ICPF, o estado dos pavimentos nas estações Krahô e Xambioá seriam considerados péssimos, uma vez que possuem defeitos generalizados com degradação do revestimento e infiltrações de água e descompactação da base. Já o pavimento na Apinajé seria classificado como regular, pois apresenta painéis e remendos com pouca frequência e com irregularidades.

4.2 FATOR CLIMÁTICO

Conforme foi apontado por Gonçalves (1999), as condições climáticas é um dos pontos a serem levados em consideração na avaliação de um pavimento para realizar a manutenção. Isso porque deve ser levado em conta as variações de umidade dos materiais do pavimento durante as diversas estações do ano, o que se traduz em variações de capacidade de suporte desses materiais.

Em relação ao fator climático na cidade de Palmas, capital do Estado do Tocantins, o Instituto de Pesquisas Espaciais pontua que a cidade possui clima tropical com estação seca no inverno e comportamento climato-meteorológico com variações pouco significativas. A temperatura apresenta características de isotérmica com a diferença entre as temperaturas médias do mês mais quente e a do mês mais frio menor que 5°C.

No que se refere à precipitação de chuva, esta é bem definida. A estação chuvosa vai de outubro a abril, sendo janeiro o mês mais chuvoso, quando o acumulado mensal atinge, em média, 246mm. Os meses mais secos vão de maio a setembro. Neste período, a precipitação média fica abaixo dos 30mm mensais. Julho é o mês do ano com menor índice de chuvas.

As temperaturas máximas tendem a ocorrer nos meses de agosto e setembro, quando atingem valores máximos médios de 35°C. O mês de julho tende a ser o mais frio, atingindo mínima média de 15°C. A temperatura média anual da cidade é de 26°C.

A tabela a seguir apresenta dados relativos à chuva e à temperatura da cidade ao longo do ano. Nela é possível identificar as épocas mais chuvosas/secas e quentes/frias.

Tabela 1: Climatologia- Palmas

Mês	Mínima (c)	Máxima (c)	Precipitação (mm)
Janeiro	21	31	246
Fevereiro	21	31	217
Março	21	31	171
Abril	21	32	100
Mai	19	32	15
Junho	16	32	2
Julho	15	32	0
Agosto	16	35	2
Setembro	19	35	19
Outubro	21	33	121
Novembro	21	31	197
Dezembro	21	31	212

Fonte: Climatempo (2016).

4.3 VOLUME DE TRÁFEGO

De acordo com Soares (1975) a principal finalidade da contagem de volume de tráfego é apresentar dados com os quais se possa atacar ou prevenir problemas relacionados com o tráfego.

Para a coleta de dados relacionados ao volume de tráfego nas estações, foi utilizada a tabela disponibilizada pela Prefeitura de Palmas, conforme segue abaixo. Nota-se que há somente a contagem dos ônibus que transitam nas estações, tal delimitação foi devido ao local estudado ser permitida somente a parada de transporte coletivo.

Tabela 2: Volume de tráfego nas estações de ônibus.

Km	Descrição da Linha	Nº PERCURSOS POR DIA			
		Escala "A"	Escala "B"	Escala "C"	Total/Mês
21,70	1H APINAJÉ / JAVAÉ	261,00	183,00	121,00	7.017,00
21,53	1H EXPRESSO APINAJÉ / JAVAÉ	46,00	14,00	0,00	1.054,00
23,30	1A JAVAÉ / APINAJÉ	249,00	184,00	116,00	6.726,00
20,10	1A EXPRESSO JAVAÉ / APINAJÉ	39,00	4,00	0,00	870,00
27,80	2D (TO 050) SOL NASCENTE / APINAJÉ	19,00	17,00	5,00	499,00
26,21	2A (TO 050) SENAI / APINAJÉ	50,00	33,00	33,00	1.397,00
26,32	2H (TO 050) APINAJÉ / SENAI	66,00	46,00	33,00	1.788,00
15,50	03A APINAJÉ / DETRAN	49,00	29,00	20,00	1.285,00
15,50	03H APINAJÉ / DETRAN	26,00	17,00	14,00	707,00
10,57	04 APINAJÉ / ARNOS 31 32	31,00	45,00	36,00	1.033,00
9,20	05 APINAJÉ / HEMOCENTRO	39,00	35,00	34,00	1.167,00
9,33	06 APINAJÉ / SESC	36,00	35,00	34,00	1.101,00
11,53	07 APINAJÉ / CPMTO	45,00	32,00	16,00	1.182,00
12,50	07A APINAJÉ / DERTINS	4,00	0,00	0,00	88,00
12,32	08 APINAJÉ / SANTO AMARO	33,00	30,00	17,00	918,00
10,27	09 APINAJÉ / UFT	96,00	46,00	0,00	2.250,00
6,12	09 APINAJÉ / CAPIM DOURADO	5,00	17,00	36,00	377,00
23,80	10 APINAJÉ / HGP / UFT	46,00	22,00	0,00	1.078,00
21,15	10 APINAJÉ / HGP / EMSA	0,00	8,00	17,00	126,00
12,70	11 APINAJÉ / QCG / MARISTA	29,00	27,00	15,00	809,00
14,00	13 APINAJÉ / LAGO NORTE	21,00	13,00	7,00	543,00
24,30	14 APINAJÉ / SONHO MEU	5,00	3,00	2,00	131,00

11,16	15 APINAJÉ / IFTO / HGP	37,00	33,00	33,00	1.111,00
11,04	16 APINAJÉ / 112 S / INDUSTRIAL	6,00	33,00	27,00	393,00
22,43	41 D. KARAJÁ / APINAJÉ	16,00	10,00	0,00	382,00
16,86	42 D. XERENTE / APINAJÉ	9,00	6,00	0,00	216,00
28,00	44 D. SETOR SUL / APINAJÉ	11,00	6,00	0,00	260,00
109,40	70 APINAJÉ / VÃO DO LAJEADO	1,00	0,00	0,00	22,00
15,44	20 XAMBIOÁ / 75 INDUSTRIAL	29,00	27,00	17,00	821,00
10,75	21 XAMBIOÁ / ARSO 403 S / 409 S	35,00	25,00	17,00	947,00
16,83	18A KRAHÔ / JK ULBRA	67,00	48,00	0,00	1.618,00
16,16	18H JK ULBRA / KRAHÔ	66,00	45,00	0,00	1.587,00
8,20	22 KRAHÔ / MIRANTE DO LAGO	5,00	0,00	0,00	110,00
8,61	23 KRAHÔ / RODOVIARIA / SEFAZ	35,00	34,00	34,00	1.076,00
9,14	24 KRAHÔ / 1005 S	37,00	34,00	34,00	1.120,00
14,64	25 KRAHÔ / CAMPUS II	4,00	3,00	0,00	97,00
7,26	27 KRAHÔ / 1206 SUL	39,00	35,00	32,00	1.155,00
21,80	61 KRAHÔ / COQUEIRINHO	3,00	2,00	0,00	72,00
69,98	63 KRAHÔ / KM 27 TO 020	5,00	3,00	3,00	137,00
12,50	18H DOM / APINAJÉ / KRAHÔ	0,00	0,00	34,00	204,00
14,20	18A DOM / KRAHÔ / APINAJÉ	0,00	0,00	34,00	204,00
20,39	19A KRAHÔ / APINAJÉ	51,00	38,00	0,00	1.236,00
18,09	19H APINAJÉ / KRAHÔ	52,00	38,00	0,00	1.258,00
16,94	19 DOM / KRAHÔ / XAMBIOÁ	0,00	0,00	26,00	156,00
855,57					46.328,00

Fonte: Arquivo da Prefeitura de Palmas-Tocantins.

Tabela 3: Cálculo da quilometragem dos ônibus nas estações.

DADOS PARA CÁLCULO DA QUILOMETRAGEM						
Data de Início de Vigência da Planilha						1/3/2016
Quantidade dias Úteis (Segunda a Sexta-feira) "A":						22
Quantidade Sábados "B":						3
Quantidade de Domingos "C":						6

Março de 2016						
DOMINGO	SEGUNDA	TERÇA	QUARTA	QUINTA	SEXTA	SÁBADO
		01	02	03	04	05
06	07	08	09	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

Fonte: Arquivo da Prefeitura de Palmas-Tocantins.

Segundo a prefeitura o cálculo para fazer a contagem volumétrica do tráfego é conforme segue abaixo:

TOTAL: (Escala A x Quantidade dias úteis) + (Escala B x Quantidade sábado) + (Escala C x Quantidade domingo).

A tabela a seguir foi elaborada a partir das tabelas disponibilizadas pela prefeitura, através dela é possível verificar quais as linhas de ônibus que passam pelas estações, no sentido norte sul (centro-Taquaralto), nos dias úteis do mês de março de 2016.

Tabela 4: Contagem volumétrica diária por Estação.

Estação	Linhas	Total de viagens em um dia útil
Apinajé	1H, 1H Expresso, 2H, 3A, 3H, 04/16, 04, 05, 06, 07, 07A, 08,	1.100

	09 (UFT), 09 (CAPIM DOURADO), 10, 10 (EMSA), 11, 13, 14, 15, 16, 18H, 19H, 56H, 62H, 70	
Xambioá	1H, 1H Expresso, 18H, 19H, 20, 21	489
Krahô	1H, 1H Expresso, 18H, 19H, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 61	550

Fonte: Autor (2015).

5. SOLUÇÕES PARA OS PAVIMENTOS

5.1 ESTAÇÃO KRAHÔ E XAMBIOÁ

Tendo em vista que as estações Krahô e Xambioá estão com praticamente todo o pavimento danificado, as soluções apontadas para tais estações serão as mesmas, ou seja, a reconstrução de todo o pavimento. Para isso, foram realizados cálculos através do programa “Pavimentando”, para assim determinar as espessuras das camadas, conforme mostra a figura a seguir.

Figura 37: Imagem do memorial de cálculo.

Fórmula do VMD1: passagem A + passagem B + passagem N	Calculando o VMD1 = 1100 passagens	Resultado VMD1 = 1100 passagens
Fórmula do VMD: $VMD1 \times (2 + (P - 1) \times t / 100) / 2$	Calculando o VMD = $(1100 \times (2 + (10 - 1) \times 4 / 100)) / 2$	Resultado VMD = 1298 passagens
Equação FC: 	Determinando o FC: 	
Calculando o FC = 0.0273 + 0.3406 + 0 + 0	FC = 0.3679 tf	
Calculando o FE:	FE = 2 eixos	
Passo 1: 2 * 1100		
Passo 2: 2 / 1100		
Fórmula do Fv: FC x FE	Calculando o Fv = 0.3679*2	Resultado Fv = 0.7358 tf.eixos
Fórmula do N: 365 x VMD x P x FV	Calculando o N = 365 * 1298 * 10 * 0.7358	N = 3485999
Encontrando o CBR: 	Calculando o CBR = 3.485999*pow(10,(7-1))	Resultado CBR = CBR >= 60
Encontrando a espessura do revestimento:	Tipo de Revestimento: Revestimento Betuminoso com 5cm de espessura	

BASE CBR: 85%

SUB-BASE CBR: 45%

REFORÇO CBR: 30%

SUBLEITO CBR: 20%

Fórmula do H20: $77,67 \times (N)^{0,0482} \times (CBR)^{-0,598}$

Calculando o H20: $77,67 * \text{pow}(3485999,0.0482) * \text{pow}(20,-0.598)$

Resultado H20: 27 cm

Fórmula da Base: $(R \times Kr) + (B \times Kb) \geq H20$

Calculando a Base:

Resultado da Base = 18 cm

Passo 1: $(27 - (5 * 1.70))/1$

Passo 2: Espessura da camada igual a 18 cm

Calculando o Hn: $77,67 * \text{pow}(3485999,0.0482) * \text{pow}(30,-0.598)$

Hn = 22 cm

Fórmula do h20: $(R \times Kr) + (B \times Kb) + (h20 \times Ksb) \geq Hn$

Calculando o h20:

SUB-BASE = 15 cm

Passo 1: $(22 - (5 * 1.70) + (18 * 1))/1$

Passo 2: Espessura da camada igual a 15 cm

Fórmula do Hm $77,67 \times (N)^{0,0482} \times (CBR)^{-0,598}$

Calculando o Hm =

Hm: 27 cm

$77,67 * \text{pow}(3485999,0.0482) * \text{pow}(20,-0.598)$

Fórmula do hn: $(R \times Kr) + (B \times Kb) + (h20 \times Ksb) \geq Hn$

Calculando o hn:

REFORÇO: 15 cm

Passo 1: $(27 - (5 * 1.70) + (18 * 1) + (15 * 1))/1$

Passo 2: Espessura da camada igual a 15 cm

Fonte: Programa Pavimentando, 2015.

5.1.1 Estrutura do novo pavimento

Após a obtenção dos dados através do programa “pavimentando”, propõe-se as seguintes soluções para os pavimentos das estações Krahô e Xambioá:

- 1- Fazer a reconstrução de todas as camadas do pavimento, pois a estrutura do mesmo já foi comprometida devido à gravidade das patologias identificadas no local de estudo.
- 2- Procurar uma jazida mais próxima ao centro urbano de Palmas para retirar os materiais utilizados no reforço do subleito, na sub-base e na base (especificados a seguir). Estes materiais serão transportados por caminhão basculante e deverão estar livres de materiais estranhos ou fragmentos de tamanhos excessivos.
- 3- Propõe-se que seja feita a regularização do subleito, já que tal camada serve de suporte para as demais camadas do pavimento, além disso, o subleito é o receptáculo final das cargas transmitidas através do pavimento. Vale ressaltar que um subleito mal executado trará danos a toda a estrutura.

Segundo a norma do DNIT 137/2010-ES, a operação de regularização do subleito é destinada a conformar o leito estradal, transversal e longitudinalmente, obedecendo as larguras e cotas constantes das notas de serviços de regularização

de terraplenagem do projeto, compreendendo cortes ou aterros até 20cm de espessura.

Para esta camada foi adotado um subleito com CBR de 20%.

- 4- Faz-se necessário que seja realizada a aplicação do reforço do subleito, a fim de atender as condições de resistir às pressões aplicadas na interface entre a sub-base e o subleito, já que o volume de tráfego nas vias onde estão as estações pode ser considerado intenso.

De acordo com a norma DNIT 138/2010-ES, a execução do reforço do subleito compreende as operações de mistura e pulverização, umedecimento ou secagem dos materiais na pista, seguidas de espalhamento, compactação e acabamento, realizadas na pista devidamente preparada, na largura desejada e nas quantidades que permitam, após a compactação, atingir a espessura projetada.

Propõe-se que seja utilizada nesta camada o material argila arenosa, que atinja um CBR 30% (trinta por cento). Além disto, a camada deverá ter espessura de 15cm.

- 5- Para a sub-base propõe-se que seja empregado o cascalho argiloso, pois é um material economicamente viável, além disto atinge resistência satisfatória. Em relação a espessura, propõe-se que seja de 15cm, com CBR de 45% (quarenta e cinco por cento).
- 6- Propõe-se que seja empregado na base o solo cimento, pois é um material considerado resistente, que satisfaz a requisitos de durabilidade e rigidez à flexão, tendo em vista que o tráfego nas vias onde estão as estações é intenso. A espessura desta camada seria de 18cm, com CBR de 85% (oitenta e cinco por cento).

Segundo a norma DNIT 143/2010-ES, o solo cimento é um material proveniente da mistura de solo, cimento e água em proporções previamente determinadas por processo próprio de dosagem em laboratório, de forma a apresentar determinadas características de resistência e durabilidade.

Já em relação a execução da mistura do material supracitado, esta deverá ocorrer no local da obra. É importante ressaltar que a drenagem, nivelamento e a seção transversal já deverão estar concluídos.

No que se refere ao tempo de cura do trecho trabalhado a Norma DNIT 143/2010 – ES pontua que o trecho deve ser protegido contra a perda rápida de umidade durante um período de sete dias, pela aplicação de camada de solo, de

capim ou de outro material que venha evitar este processo. A cobertura deve ser realizada o mais rápido possível após a conclusão da Base, mantendo o material imposto constantemente molhados até o período de sete dias de cura. O trecho executado só pode ser liberado após o tempo de cura, e se constatado que a sua superfície endureceu o suficiente para resistir as tensões impostas pelo tráfego.

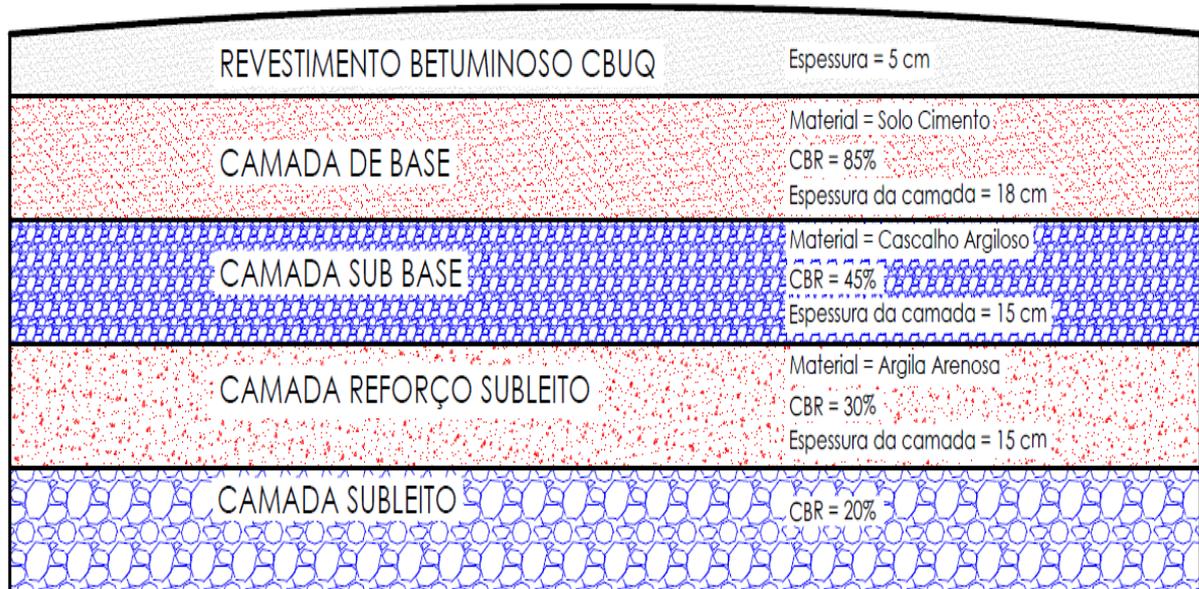
7- Para o revestimento, propõe-se a utilização de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), respeitando as características dos agregados graúdos (pedra britada) e miúdos (areia), tais materiais são encontrados na região. Por fim o cimento asfáltico, fazendo a sua devida compactação. A espessura desta camada seria de 5cm.

De acordo com a norma DNIT 031/2004-ES, a distribuição do concreto asfáltico deve ser feita por equipamentos adequados. Caso ocorra irregularidades na superfície da camada, estas devem ser sanadas pela adição manual de concreto asfáltico, sendo este espalhamento efetuado por meio de rodos metálicos ou ancinhos.

Por fim, ressalta-se a questão da drenagem urbana do município de Palmas-TO. Observa-se que no período chuvoso as vias urbanas, principalmente a Avenida Teotônio Segurado (avenida onde estão localizadas as estações), ficam grandemente inundadas, provocando assim diversos transtornos. Ao observar o grande volume de água nas vias, pode-se mencionar que o sistema de drenagem da cidade é ineficiente. Logo, pode ser apontado que a falha no sistema de drenagem contribui diretamente para o aumento das patologias nos revestimentos asfálticos. Portanto, propõe-se que seja feita a correção do sistema de drenagem em todos os locais em que se encontram as estações de ônibus.

A figura a seguir representa o croqui proposto para os pavimentos das estações Krahô e Xambioá.

Figura 38: Croqui das Estações Krahô e Xambioá.



Fonte: Autor (2015).

5.2 ESTAÇÃO APINAJÉ

Para a estação Apinajé propõe-se que seja feita a manutenção do tipo restauração, tendo em vista que o pavimento onde está localizada a estação não está totalmente danificado.

Segundo o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos- DNIT (2006), restauração é o processo de se trazer a condição funcional a níveis aceitáveis por meio de intervenções que sejam técnica e economicamente adequadas, o que implica em que a durabilidade e o desempenho da solução implementada devam atender a requisitos mínimos, além de levarem a um retorno máximo do investimento realizado, dentro das restrições técnicas e operacionais existentes.

A partir dos resultados obtidos em campo, pode-se ressaltar que não tem a necessidade de se fazer a retirada de toda a estrutura do pavimento na estação Apinajé, pois as patologias encontradas são superficiais e não comprometem a estrutura das camadas do pavimento. No entanto, propõe-se que sejam realizadas operações de manutenção como remendos superficiais, a fim de corrigir as panelas existentes.

Para que o processo de manutenção seja bem executado, algumas etapas devem ser obedecidas, são elas:

- Eliminar todo o material solto de dentro da panela;
- Em seguida recortar os cantos da área afetada de forma que fique retos;
- Fazer uma pintura com o revestimento betuminoso diluído, esse processo prepara a superfície para receber o material de reposição;
- Em seguida deve-se aplicar a massa de revestimento preenchendo todos os vazios;
- Por fim, deve-se realizar uma compactação para garantir a eliminação de vazios e evitar assim a infiltração de água.

6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir do conhecimento adquirido através do referencial teórico, do levantamento em campo das patologias e da análise dos resultados obtidos pode-se mencionar que o objetivo principal desse trabalho foi alcançado.

A partir da análise realizada pode-se apontar que os pavimentos onde estão as estações encontram-se em estado crítico. As patologias são as mais diversas e podem ser identificadas facilmente. Dentre os defeitos presentes, destacam-se as panelas, os escorregamentos, os remendos mal executados e as trincas interligadas tipo couro de jacaré, pois tem maior incidência.

Em relação às causas dos defeitos apontados, salienta-se que estão ligados à diversos fatores, entre eles: Inadequação do sistema de drenagem das águas pluviais, verifica-se que no período chuvoso há o alagamento das vias provocado pelo transbordamento das águas; A existência de remendo sobre remendo, o que aponta que na manutenção corretiva os reparos foram mal executados; As estações foram instaladas em vias já existentes na cidade, sendo estas vias projetadas e implantadas para suportar tráfego leve. Desta forma, pode-se pontuar que os pavimentos existentes não estão aptos a suportar as tensões aplicadas sobre eles, que no caso seriam as impostas pelos ônibus.

Diante dos dados apontados, as possíveis soluções seriam:

- Para as estações Krahô e Xambioá propõe-se a reconstrução do pavimento, já que o existente está bastante danificado.
- Já para a estação Apinajé propõe-se a manutenção corretiva, pois os danos existentes podem ser corrigidos através de reparos, desde que sejam executados da maneira correta.

Por fim, este trabalho buscou apontar os danos e as possíveis soluções para as patologias nos pavimentos onde estão localizadas as estações de ônibus Krahô, Xambioá e Apinajé. Mas ainda dentro do escopo deste trabalho, existem outros temas que podem ser abordados em novas pesquisas, como por exemplo: coletar amostras dos materiais utilizados na construção dos pavimentos onde estão as estações e fazer ensaios em laboratório para definir os parâmetros resilientes; propor a construção de baias de ônibus no lugar das estações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **Terminologia e Classificação de Pavimentação** - NBR 7207. Rio de Janeiro, RJ, 1982.

BALBO, J.T. **Estudo das propriedades mecânicas das misturas de brita e cimento e sua aplicação aos pavimentos semirrígidos**. 1993.

_____. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de textos, 2007.

BERNUCCI, L.B. [et al]. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros** – Rio de Janeiro: PET ROBRAS: ABED A, 2006.

_____. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros – Rio de Janeiro: PET ROBRAS: ABED A, 2006. Apud Mascarenhas Neto. JD. **Methodo para construir as estradas em Portugal**. 1790. Edição fac-similada, impressa em 1985 a partir do original do arquivo-biblioteca do ex-Ministério das Obras Públicas.

BRASIL. Associação Brasileira de Cimento Portland. **O concreto pavimentando os caminhos na formação de um novo país**. São Paulo, 2005.

_____. Associação Brasileira de Cimento Portland. **Governar é abrir estradas. O concreto pavimentando os caminhos na formação de um novo país**. São Paulo, 2009.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12053: **solo-brita: determinação de dosagem**. Rio de Janeiro, 1992.

_____. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Manual de pavimentação**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1996.

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT 005/2003 – TER – **Defeitos nos Pavimentos flexíveis e semi rígidos – Brasil. terminologia**.

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT 031/2004 – ES – **Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico - Especificação de serviços**.

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT 137/2010 – ES – **Pavimentação – Regularização do Subleito - Especificação de serviços**.

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT 138/2010 – ES – **Pavimentação – Reforço do Subleito - Especificação de serviços**.

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT 143/2010 – ES – **Pavimentação – Base de Solo-Cimento - Especificação de serviços**.

_____. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Restauração de pavimentos asfálticos** - 2. ed. - Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/publicacoesDNIT/>>. Acesso em 12 mar. 2016.

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de pavimentação. 3.ed.- Rio de Janeiro, 2006.** Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/publicacoesDNIT/>>. Acesso em 07 set. 2015.

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Terminologias Rodoviárias Usualmente Utilizadas**, 2007. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/publicacoesDNIT/>>. Acesso em 07 set. 2015.

_____. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de pavimentação - Rio de Janeiro, 2010.** Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/publicacoesDNIT/>>. Acesso em 07 set. 2015.

GONÇALVES F.P. **Estudo Experimental do Desempenho de Pavimentos Flexíveis a Partir de Instrumentação e Ensaio Acelerados.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS, 1999.

LINK, Vanessa Morel. **Pavimentos asfálticos em corredores de ônibus: patologias e concepções de alternativas.** 2009. Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/24126/000741863.pdf>>. Acesso em 07 set. 2015.

MARQUES, Geraldo Luciano de Oliveira. Pavimentação. **Laboratório de Pavimentação.** Universidade Federal de Juiz de Fora. Faculdade de Engenharia- Departamento de Transporte e Geotecnia, 2015.

PINTO, S., PREUSSLER, E. **Pavimentação rodoviária- conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis.** Rio de Janeiro: Copiarte, 2002.

PREGO, A.S.S. **A memória da pavimentação no Brasil.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação, 2001.

PROGRAMA PAVIMENTANDO. **Programa de dimensionamento de pavimento.** Autor Iran Milhomem Lima Junior, 2015.

ROCHA, R.S.; COSTA, E.A.L. **Patologias de pavimentos asfálticos e suas recuperações-estudo de caso da Avenida Pinto de Aguiar.** Disponível em: <<http://info.ucsal.br/banmon>>. Acesso em 07 set. 2015.

SANTANA, H. **Manual de pré-misturados a frio**. Rio de Janeiro: IBP/ Comissão de asfalto, 1993.

SENÇO, WLASTERMILER DE- **Manual de técnicas de pavimentação**. Volume II. Editora Pini. São Paulo, 2001.

SENÇO, WLASTERMILER DE. **Manual de técnicas de pavimentação: volume 1/ Wlastermiller de Senço**. 2. ed. ampl. São Paulo: Pini, 2007.

SILVA, P. F. A. **Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos**. Editora Pini. São Paulo, 2005.

SILVA, Carlos Eduardo Portes da. **Pavimento de Concreto Simples: Dimensionamento, execução e controle tecnológico**. 2008. Trabalho de Graduação- Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, 2008.

SILVA, Leonardo Rodrigues Eiras. **Compactação do solo**. Trabalho de Graduação- Universidade São Francisco, Itatiba, SP, 2008.

SILVEIRA, Luiz Antonio Xavier da. **Contribuição para um modelo de seleção de revestimentos em ambientes urbanos** (caso de Curitiba)/ Luiz Antonio Xavier da Silveira. Curitiba, 2003.

SOARES, Luis Ribeiro. **Engenharia de tráfego**. Rio de Janeiro. A. Neves, 1975

TOCANTINS. Climatologia Palmas. Disponível em:
<<http://www.climatempo.com.br/climatologia/593/palmas-to>> Acesso em: 14 mar. 2015.

TOCANTINS. Prefeitura de Palmas. Ordem de Serviço n 03/2016.