



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

MATHEUS MENDONÇA MAMEDE

**ESTUDO DE PAVIMENTO E ACESSIBILIDADE DAS ESTAÇÕES DE
ÔNIBUS DA AVENIDA JOAQUIM TEOTÔNIO SEGURADO EM
PALMAS-TO**

**Palmas-TO
2016**



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

MATHEUS MENDONÇA MAMEDE

**ESTUDO DE PAVIMENTO E ACESSIBILIDADE DAS ESTAÇÕES DE
ÔNIBUS DA AVENIDA JOAQUIM TEOTÔNIO SEGURADO EM
PALMAS-TO**

Projeto apresentado como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC) do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Especialista Fernando Moreno Suarte Junior.

**Palmas-TO
2016**



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

MATHEUS MENDONÇA MAMEDE

ESTUDO DE PAVIMENTO E ACESSIBILIDADE DAS ESTAÇÕES DE ÔNIBUS DA AVENIDA JOAQUIM TEOTÔNIO SEGURADO EM PALMAS-TO

Projeto apresentado como requisito parcial da disciplina TCC II do Curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Especialista Fernando Moreno Suarte Junior.

Aprovada em ___/___/___.

BANCA EXAMINADORA

Professor Especialista Fernando Moreno Suarte Junior.
Centro Universitário Luterano de Palmas

Professor Especialista Euzir Pinto Chagas.
Centro Universitário Luterano de Palmas

Professor Especialista Kenia Parente Mendonça.
Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas-TO
2016

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, irmão, e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer, em primeiro lugar, a Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada.

Aos meus pais e toda família, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Ao professor especialista Fernando Moreno Suarte Junior, pela orientação, apoio e confiança.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivos	17
1.1.1 Objetivo Geral	17
1.1.2 Objetivos Específicos.....	17
1.2 Justificativa e importância do trabalho	18
1.3 Estrutura do trabalho	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 Pavimentação em vias públicas.....	20
2.1.1 Classificação dos pavimentos.....	20
2.1.2 Caracterização do tráfego.....	21
2.1.3 Classificação das vias quanto à função	22
2.1.4 Transporte público urbano no brasil e no mundo.....	22
2.2 Partes constituintes de um pavimento.....	24
2.2.1 Subleito	24
2.2.2 Regularização.....	25
2.2.3 Reforço do subleito	25
2.2.4 Sub-base.....	26
2.2.5 Base	26
2.2.6. Revestimento	28
2.3 Carregamentos submetidos ao pavimento	31
2.3.1 Estudo dos veículos.....	31
2.4 Dimensionamento	36
2.4.1 Volume Médio Diário (VMD).....	36
2.4.2 Classificação da Frota	37
2.4.3 Carregamento da Frota.....	37
2.4.4 Fator de Equivalência de carga (FC).....	37
2.4.5 Fator de eixo (FE)	38
2.4.6 Método de Dimensionamento Pavimento Flexível.....	38
2.4.7 Método de Dimensionamento Pavimento Rígido.....	39
2.5 Patologias em pavimento flexível	40
2.5.1 Fendas	40

2.5.2	Fissura	40
2.5.3	Trincamentos	40
2.5.4	Afundamento.....	41
2.5.5	Ondulação ou Corrugação	42
2.5.6	Escorregamento	42
2.5.7	Exsudação.....	43
2.5.8	Desgaste	43
2.5.9	Panela ou buraco	43
2.5.10	Remendo.....	44
2.5.11	Procedimentos de recuperação	44
2.6	Acessibilidade Universal	45
2.6.1	Problemática	45
2.6.2	Políticas Públicas	45
2.6.3	Ônibus.....	46
2.6.4	Acessibilidade nas estações de ônibus.....	47
3	METODOLOGIA	48
3.1	Apresentação do objetivo de estudo	48
3.2	Levantamento da Estrutura do Pavimento.....	49
3.3	Identificação das manifestações patológicas	50
3.4	Estudos de caracterização de solo (ISC)	50
3.4.1	Levantamento do tráfego	54
3.4.2	Dimensionamentos dos Pavimentos	55
3.5	Procedimentos utilizados pela Prefeitura Municipal para recuperação do pavimento.....	60
3.6	Projeto de acessibilidade universal.....	60
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	61
4.1	Caracterizar a estrutura do pavimento dos trechos da avenida.....	61
4.2	Verificar a acessibilidade nas estações de ônibus.....	61
4.3	Propor projeto de Acessibilidade Universal para as Estações de ônibus.....	64
4.4	Identificação das principais patologias existentes nas estações de ônibus	66
4.4.1	Estação Apinajé	67
4.4.2	Estação Xambioá	68
4.4.3	Estação Krahô.....	70
4.5	Procedimentos de reparos realizados pela prefeitura municipal.....	71

4.5.1	Caracterização de solo (ISC)	71
4.5.2	Levantamento do tráfego	72
4.5.3	Dimensionamento do pavimento flexível.....	73
4.5.4	Dimensionamento do pavimento rígido.....	76
5	CONCLUSÕES	81
6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	83
7	REFERÊNCIAS	84

RESUMO

MAMEDE, MATHEUS MENDONÇA. **ESTUDO DE PAVIMENTO E ACESSIBILIDADE DAS ESTAÇÕES DE ÔNIBUS DA AVENIDA JOAQUIM TEOTÔNIO SEGURADO EM PALMAS-TO.** 2016. Monografia de Conclusão do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas - CEULP/ULBRA. Palmas-TO.

Este trabalho realizou um estudo do pavimento das estações de ônibus da Avenida Joaquim Teotônio Segurado em Palmas-TO, pois este apresenta diversas manifestações patológicas, devido a diversos fatores no qual se destacam o tráfego intenso de ônibus, a falta de manutenções e a ineficiência do sistema de drenagem. Para este estudo tornou-se necessário obter informações tais como a estrutura do pavimento, o levantamento do tráfego de veículos e a resistência do solo, para assim realizar o dimensionamento de um perfil do pavimento flexível e outro perfil para pavimento rígido. Em conjunto foi realizado uma verificação da acessibilidade nas estações de ônibus observando-se atende as exigências da NBR 9050/2015 que estabelece critérios para a acessibilidade universal. Deste modo, foi realizado um projeto que atende todas as exigências desta norma.

Palavras-chave: Estação de ônibus, pavimento, acessibilidade universal, manifestações patológicas.

ABSTRACT

MAMEDE, MATHEUS MENDONÇA. **PAVEMENT DESIGN AND ACCESSIBILITY OF AVENUE BUS STATIONS JOAQUIM TEOTONIO SEGURADO IN PALMAS-TO.** 2016. Monograph Completion of the Course of Civil Engineering of the University Lutheran Center Palmas - CEULP / ULBRA. Palmas-TO.

This study attempts to make a study of the floor of the bus stations Joaquim Teotônio Segurado Avenue in Palmas-TO, as this has several pathological manifestations due several factors which sets out the bus traffic to lack of maintenance and system inefficiency drainage. For this study, it was necessary to obtain information such as the structure of the pavement, lifting the vehicle traffic and soil resistance, thus to carry out the design of a profile of flexible pavement and another profile for hard floor. Together was conducted a check of accessibility at bus stations observing meets the requirements of NBR 9050/2015 establishing criteria for universal accessibility. Thus, there was a project that meets all the requirements of this standard.

Keywords: bus station, pavement, universal accessibility, pathological manifestations.

LISTA DE TABELA

TABELA 1: QUANTIDADE DE VEÍCULOS POR HORÁRIOS

73

TABELA 2: CÁLCULO DO F.V.

74

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: ESTAÇÃO DE ÔNIBUS DA CIDADE DE CURITIBA.....	23
FIGURA 2: ESTAÇÃO DE ÔNIBUS DA CIDADE DE BOGOTÁ, COLÔMBIA.....	23
FIGURA 3: CLASSIFICAÇÃO DOS REVESTIMENTOS	28
FIGURA 4: ESTRUTURA DO PAVIMENTO RÍGIDO	30
FIGURA 5: ESTRUTURA DO PAVIMENTO FLEXÍVEL	30
FIGURA 6: PRINCIPAIS DIMENSÕES BÁSICAS DOS VEÍCULOS DE PROJETO	32
FIGURA 7: VEÍCULOS CLASSIFICADOS PELO DNIT	33
FIGURA 8: EXEMPLOS DE TRINCAS ISOLADAS.....	41
FIGURA 9: EXEMPLOS DE TRINCAS INTERLIGADAS	41
FIGURA 10: AFUNDAMENTO DE TRILHA DE RODA	42
FIGURA 11: EXEMPLO DE EXSUDAÇÃO NO PAVIMENTO.....	43
FIGURA 12: EXEMPLO DE PANEAS OU BURACOS NO PAVIMENTO.....	44
FIGURA 13: MAPA DAS ESTAÇÕES DE ÔNIBUS DA CIDADE DE PALMAS-TO	48
FIGURA 14: MAPA DAS ESTAÇÕES DA AVENIDA JOAQUIM TEOTÔNIO SEGURADO	49
FIGURA 15: SOLO RETIDO NAS PENEIRAS 19MM E 4,8MM	51
FIGURA 16: PESAGEM DAS AMOSTRAS	51
FIGURA 17: SOLO MISTURADO COM TEOR DE ÁGUA.....	52
FIGURA 18: REALIZAÇÃO DOS GOLPES COM A HASTE.....	52
FIGURA 19: AMOSTRAS IMERSAS NA ÁGUA	53
FIGURA 20: PISTÃO DE PENETRAÇÃO.....	53
FIGURA 21: ÁBACO PARA DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL DO DNER.....	57
FIGURA 22: PRINCÍPIO DE SOLUÇÃO DAS ESPESSURAS DAS CAMADAS COM BASE NO VALOR DE CBR	58
FIGURA 23: COEFICIENTES DE EQUIVALÊNCIA ESTRUTURAL DOS MATERIAIS	58
FIGURA 24: ESPESSURAS MÍNIMAS DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS	58
FIGURA 25: EXEMPLO DE CÁLCULO DE EIXOS TOTAIS POR CLASSE DE CARGA.....	59
FIGURA 26: <i>CHECK LIST</i> DA ACESSIBILIDADE NAS ESTAÇÕES DE ÔNIBUS	61
FIGURA 27: SITUAÇÃO ATUAL DAS ESTAÇÕES DE ÔNIBUS NO QUESITO PISO TÁTIL.....	62
FIGURA 28: SITUAÇÃO ATUAL DAS ESTAÇÕES DE ÔNIBUS NO QUESITO FAIXA DE PEDESTRE E RAMPAS	63
FIGURA 29: AUSÊNCIA DE CALÇADA NA ESTAÇÃO KRAHÔ	63
FIGURA 30: AUSÊNCIA DE RAMPAS PARA ACESSO AO ÔNIBUS NAS ESTAÇÕES.....	64
FIGURA 31: MAQUETE ELETRÔNICA DA ESTAÇÃO DE ÔNIBUS.....	65
FIGURA 32: PLANTA BAIXA DO PROJETO DE ACESSIBILIDADE	65
FIGURA 33: <i>CHECK LIST</i> DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS ESTAÇÕES DE ÔNIBUS....	66
FIGURA 34: MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA AVENIDA LO 4.....	67
FIGURA 35: TRINCAS INTERLIGADAS NO PAVIMENTO DA ESTAÇÃO APINAJÉ.....	67
FIGURA 36: DESGASTE DO PAVIMENTO DA ESTAÇÃO APINAJÉ	68
FIGURA 37: REMENDO NO PAVIMENTO DA ESTAÇÃO APINAJÉ	68
FIGURA 38: PANEAS NO PAVIMENTO DA ESTAÇÃO XAMBIOÁ	68
FIGURA 39: DESGASTE (2) E PANEAS (1) NO PAVIMENTO DA ESTAÇÃO XAMBIOÁ	69
FIGURA 40: (A) TRINCAS INTERLIGADAS E (B) ONDULAÇÕES NO PAVIMENTO DA ESTAÇÃO XAMBIOÁ.....	69
FIGURA 41: PANEAS NO PAVIMENTO DA ESTAÇÃO XAMBIOÁ	69
FIGURA 42: AFUNDAMENTO DO TRILHO DE RODA NO REMENDO PAVIMENTO DA ESTAÇÃO KRAHÔ	70
FIGURA 43: TRINCAS INTERLIGADAS NO PAVIMENTO DA ESTAÇÃO KRAHÔ	70
FIGURA 44: ONDULAÇÃO E PANEAS NO PAVIMENTO DA ESTAÇÃO KRAHÔ.....	71

FIGURA 45: DESGASTE DO PAVIMENTO DA ESTAÇÃO KRAHÔ.....	71
FIGURA 46: RESULTADOS DO ENSAIO DE ISC.....	72
FIGURA 47: HORÁRIOS DO LEVANTAMENTO DO TRÁFEGO.....	72
FIGURA 48: ÁBACO DO FATOR EQUIVALENTE DE OPERAÇÃO PELA CARGA POR EIXO (TF).....	74
FIGURA 49: CAMADAS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL A SEREM DIMENSIONADAS.....	75
FIGURA 50: ESTRUTURA DO PAVIMENTO FLEXÍVEL DIMENSIONADO	76
FIGURA 51: QUADRO PARA DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO RÍGIDO.....	77
FIGURA 52: ÁBACO PARA OBTENÇÃO DO COEFICIENTE K.....	77
FIGURA 53: ÁBACOS UTILIZADO PARA A DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE REPETIÇÕES ADMISSÍVEIS	78
FIGURA 54: TENSÃO EQUIVALENTE PARA EIXOS SIMPLES E TANDEM DUPLO.....	79
FIGURA 55:FATOR DE EROSIÃO PARA EIXOS SIMPLES E TANDEM DUPLOS	80
FIGURA 56: ESTRUTURA DO PAVIMENTO RÍGIDO	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

“N” - Número equivalente de eixo padrão;

AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials;

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

BRT - Bus Rapid Transit;

CBR - Índice de suporte Califórnia;

CBUQ - Concreto Asfáltico Usinado a Quente

cm - Centímetros;

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem;

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte;

FC - Fatores de Equivalência de Cargas;

FE - Fator de eixo;

FV - Fatores de veículos;

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;

ISC - Índice de suporte Califórnia;

K - Recalque;

ONU - Organização das Nações Unidas;

PBT - Peso Bruto Total;

PCA - Portland Cement Association;

PSI - Perda de serventia;

Rt - Relação de tensões;

SICRO - Sistema de custos referenciais de Obras;

TSD - Tratamento Superficial Duplo;

USACE - Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos;

VHP - Volume Horário de Projeto;

VMD - volume médio diário;

INTRODUÇÃO

O transporte público coletivo é de fundamental importância nas cidades, segundo o IBGE a cidade de Palmas Tocantins em 2015 atingiu uma população de 272.766, no qual várias pessoas utilizam o transporte público para se locomover. Um sistema de transporte público bem elaborado é uma ótima solução para a redução de automóveis, melhorar a qualidade de vida mediante a redução da poluição e de congestionamento, evitando acidentes de trânsito e diversas outras vantagens.

Nesse contexto, é importante melhorar o transporte público, pois traz inúmeras vantagens. A acessibilidade das pessoas portadores de necessidade especiais ao transporte público poderia ser melhorada, já que são comuns reclamações a respeito da falta de sinalização, de rampas e do desrespeito dos motoristas dos ônibus, sofrido principalmente pelos cadeirantes no qual na maioria das vezes o motorista deve sair do veículo para acionar a rampa de acesso para que o cadeirante possa entrar e/ou sair do veículo.

Deve-se atentar também para a melhoria do tipo de pavimento presentes nos corredores de ônibus, já que em sua maioria não apresenta um bom estado de conservação, prejudicando assim o trânsito, proporcionando desconforto aos usuários do transporte público e acidentes de trânsito.

O crescimento do tráfego de veículos e da necessidade de implantação de mais ônibus no sistema de transporte coletivo em vias urbanas, ocasiona um aumento significativo de carga no pavimento, em conjunto com o mal funcionamento do sistema de drenagem, com a falta de manutenções periódicas e a exposição ao clima predominante tropical, ocasionou no pavimento diversas manifestações patológicas.

As manifestações patológicas apresentadas nas principais vias urbanas, ocorrem em sua maioria nos corredores de ônibus, principalmente nas estações ou em paradas de ônibus, isso se deve ao fato de que existe tráfego pesado de forma contínua, e com grande solicitação do pavimento no ato da frenagem e do arranque do veículo.

Com o avanço da tecnologia de pavimentação têm-se inúmeros métodos, materiais e outros tipos de estudos realizados, porém, essa tecnologia se divide de uma forma geral em pavimento flexível e pavimento rígido. É inevitável e imprescindível compará-los frente a metodologia aplicada, devido sua vida útil de projeto e a necessidade de manutenções periódicas.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Esse trabalho tem como objetivo geral realizar um estudo do pavimento e acessibilidade das estações de ônibus da Avenida Joaquim Teotônio Segurado em Palmas/TO.

1.1.2 Objetivos Específicos

- ✓ Caracterizar a estrutura do pavimento dos trechos da avenida;
- ✓ Identificar as principais patologias existentes nas estações de ônibus dessa avenida e os procedimentos de reparos realizados pela prefeitura municipal;
- ✓ Verificar a acessibilidade e propor um projeto de Acessibilidade Universal;
- ✓ Realizar estudos de caracterização de solo (ISC) e determinação do número "N";
- ✓ Dimensionar um perfil para pavimento flexível e outro perfil para pavimento rígido.

1.2 Justificativa e importância do trabalho

Devido ao surgimento de manifestações patológicas nos pavimentos e a falta de manutenções periódicas, estes fatores proporcionam aos usuários da via um tráfego lento, risco de acidentes, desconforto e prejudica a acessibilidade ao transporte público.

Observando a regularidade das manifestações patológicas no pavimento flexível, a pesquisa adiante poderá servir de auxílio no campo técnico/científico, podendo se tornar parâmetro técnico em obras de pavimentação e acessibilidade ao transporte público, ou ainda possível influência em futuros trabalhos acadêmicos.

1.3 Estrutura do trabalho

No capítulo I apresenta-se uma breve introdução ao tema, e em seguida são expostos os objetivos, a justificativa e é apresentada a estrutura deste trabalho.

No capítulo II é exposto o referencial teórico, onde são abordados os tópicos de assuntos importantes para o estudo do pavimento e acessibilidade das estações de ônibus, com base em pesquisas e publicações de diversos estudiosos tais como Wlastermiler de Senço, José Balbo e Liedi Bariani Bernucci.

No capítulo III dispõe-se os parâmetros que foram utilizados para a obtenção dos resultados, como apresentação da obra analisada, procedimentos adotados, ferramentas utilizadas, normas regulamentadoras, modelos de dimensionamento e ações consideradas.

No capítulo IV desenvolveu-se o estudo utilizando-se dos métodos apresentados no capítulo anterior, buscando responder os objetivos propostos utilizando-se de imagens, gráficos e tabelas.

No capítulo V realizou-se a conclusão do trabalho, apresentando de forma geral os resultados finais do estudo, onde também são sugeridos temas para linhas de pesquisas futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Pavimentação em vias públicas

Pavimento é uma estrutura composta por várias camadas de determinadas espessuras, constituída sobre a obra de terraplanagem, com finalidade técnica e econômica para resistir aos esforços provenientes do clima e principalmente do tráfego, com o intuito de proporcionar conforto aos usuários por meio das melhorias das condições de rolagem, economia e segurança (BERNUCCI, MOTTA, CERATTI, & SOARES, 2010).

Pavimento é uma estrutura não perene, formada por diferentes camadas de materiais compactados sobre o subleito, atendendo ao comportamento estrutural e ao tráfego de maneira durável e ao mínimo custo possível. Em certos casos, o pavimento poderá não possuir a camada de sub-base ou de reforço, sendo assim as condições mínimas para ser considerado um pavimento é que tenha revestimento e subleito (BALBO, 2007).

2.1.1 Classificação dos pavimentos

Os pavimentos de uma forma geral, são classificados em rígidos, flexíveis e semi-rígido (DNIT, 2006).

- **Rígido:** é o revestimento que apresentam uma alta rigidez em relação às camadas inferiores, portanto, absorve grande parte das tensões provenientes do carregamento aplicado. Exemplo típico: pavimento constituído por lajes de concreto de cimento Portland.
- **Flexíveis:** é quando todas as camadas do pavimento estão submetidas a esforços de deformação significantes em função do carregamento aplicado, portanto, a carga é distribuída em parcelas equivalente entre as camadas. Exemplo típico: pavimento constituído por base de brita (brita graduada, macadame) ou por uma base de solo pedregulhoso, revestida por uma camada asfáltica.

- Semi-rígido: é caracterizada por uma base cimentada quimicamente, como por exemplo, por uma camada de solo-cimento revestida por uma camada asfáltica.

2.1.2 Caracterização do tráfego

O tráfego de veículos está diretamente relacionado com as condições da via, de modo a serem dimensionadas a fim de atender as necessidades de uso.

Com um sistema de coleta de dados é possível obter e relacionar características referentes ao tráfego, este levantamento de dados permite conhecer o número de veículos que circula pela via, bem como suas velocidades, tipo de veículo e horários de maior solicitação, contribuindo diretamente para a escolha do pavimento a ser utilizado e influenciando no dimensionamento do mesmo (DNIT, 2006).

O tráfego é composto por diferentes tipos de veículos como automóveis, caminhões, ônibus, motos entre outros. O volume de tráfego varia em função dos do número de veículos que circulam em uma determinada faixa da via em um período de tempo, podendo variar ao longo do ano, da semana, do dia ou hora (GOLDNER, 2008),

Os aspectos fundamentais que devem ser considerados na projeção de trafego são (DNIT, 2006):

- Capacidade de produção e atração de viagens das diversas zonas de tráfego:
- Distribuição das viagens geradas entre as zonas;
- Variações na geração e distribuição de viagens às mudanças demográficas, econômicas, dos meios de transporte da região.

A classificação do tráfego para ruas e estradas municipais, de acordo com Senço (2007), são classificadas em Tráfego Muito Leve (TML) no qual são ruas de caráter residencial onde não é previsto o tráfego de ônibus e caminhões em número não superior a 3 por dia, por faixa de tráfego; Tráfego Leve (TL) no qual são ruas de caráter residenciais para as quais não é previsto tráfego de ônibus, podendo existir,

ocasionalmente, passagens de ônibus e caminhões em número não superior a 50 por dia, por faixa de tráfego; Tráfego Médio (TM) são estradas ou ruas para as quais é prevista a passagem de ônibus e caminhões em número de 50 a 400 por dia na faixa mais solicitada de tráfego; Tráfego Pesado (TP) são estradas e ruas para as quais é prevista a passagem de caminhões e ônibus em número de 400 a 2.000 por dia, na faixa mais solicitada de tráfego; Tráfego Muito Pesado (TMP) são ruas ou estradas no qual é prevista a passagem de ônibus ou caminhões em número superior a 2.000 por dia, na faixa mais solicitada de tráfego.

2.1.3 Classificação das vias quanto à função

As vias classificam-se segundo DENATRAN (1997) em:

- DE TRÂNSITO RÁPIDO: caracterizada por acesso especiais com trânsito livre, sem acessibilidade direta aos lotes vizinhos, sem intervenções em nível e sem travessia de pedestres em nível.
- ARTERIAIS: geralmente controladas por semáforos, caracterizada por interseções em nível, com acessibilidade aos lotes vizinhos e às vias secundárias e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade.
- COLETORAS: possibilita o trânsito dentro da cidade, destinada a coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais.
- LOCAIS: destinadas apenas ao acesso local ou a áreas restritas, caracterizada por interseções em nível sem semáforos.

2.1.4 Transporte público urbano no Brasil e no mundo

O sistema BRT (*Bus Rapid Transit*) Ônibus de transporte rápido, é um tipo de transporte baseado no uso de ônibus que deve ter uma faixa exclusiva para o ônibus, geralmente é utilizado um pavimento de concreto de cimento Portland. Possui em suas estações de ônibus ambientes fechados, com iluminação, e dotadas

de acessibilidade universal, proporcionando conforto e segurança aos usuários conforme mostra a Figura 1 (EMBARQ, 2015).

Figura 1: Estação de ônibus da cidade de Curitiba



Fonte: EMBARQ, 2013.

O primeiro sistema de BRT foi a Rede Integrada de Transporte, na cidade de Curitiba, Paraná, Brasil, que está em operação desde de 1974. Este sistema inspirou muitos outros semelhantes em todo o Brasil e no mundo, como por exemplo o TransMilenio, em Bogotá, Colômbia, como mostra a figura 2, inaugurado em 2000, já no ano de 2013, o sistema foi implantado em mais de 166 cidades (EMBARQ, 2013).

Figura 2: Estação de ônibus da cidade de Bogotá, Colômbia.



Fonte: TransMilenio, 2013.

As vantagens da utilização do pavimento de concreto em corredores de ônibus são descritas a seguir: resistência o tráfego intenso e pesado; vida útil de 20 anos, podendo durar mais caso tenha manutenção periódica; tem custo de manutenção reduzidos, em função da alta durabilidade do concreto; superfície não se deforma com o tráfego; oferece melhor aderência entre pneus e superfície; resiste

ao ataque químico dos óleos que vazam dos ônibus; e tem maior visibilidade se comparado ao pavimento asfáltico (SENÇO, 2001).

2.2 Partes constituintes de um pavimento

2.2.1 Subleito

É o terreno de fundação para o pavimento.

Existe dois casos em que o subleito pode ser encontrado, no primeiro caso em que a terraplenagem é executada recentemente, deverá apresentar as características geométricas definidas. No segundo caso de uma estrada de terra já em uso há algum tempo e que se pretende pavimentar, o subleito que demonstra superfície irregular devido ao próprio uso e aos serviços de conservação (SENÇO, 2001).

Em ambos os casos, só é considerado subleito a camada próxima da superfície, pois a medida que se aprofunda no maciço, as pressões exercidas são dissolvidas chegando no ponto em que são desprezíveis. Os bulbos de pressão são percentuais da pressão representados por curvas, decrescente com o aumento da profundidade (SENÇO, 2001).

A resistência do subleito é tomada de modo variável de método para método no dimensionamento do pavimento, no método CBR, a resistência do subleito é obtida em porcentagem e é obtida por um ensaio de laboratório ao qual se mede a resistência à penetração de um pistão numa amostra de solo do subleito, relacionando essa resistência à penetração, com a resistência oferecida por um material considerado padrão, ao qual se determina uma CBR=100%. No método de Francis Hveem, a resistência é obtida em um ensaio triaxial, realizado por um aparelho denominado Estabilômetro de Hveem. No método do DNER a resistência é a média aritmética entre o CBR e outro índice (derivado do Índice de Grupo), que é adquirido dos resultados dos ensaios de caracterização do solo do subleito (SENÇO, 2001).

2.2.2 Regularização

É uma camada posta sobre o leito, com o objetivo de conformá-lo transversalmente e longitudinalmente de acordo com as especificações de projeto, sendo, a rigor, uma operação substituída por um corte do leito implantado ou em sobreposição a este, com variadas espessuras de camada (DNIT, 2006).

Regularização resume-se a corrigir determinadas falhas na superfície de terraplanagem, pois, no processo de terraplenagem, já devem ter sido tomados todos os cuidados necessários para um bom acabamento e compactação do subleito. No caso de já existir um leito antigo onde será executada o pavimento, deve-se tomar cuidado com a superfície irregular, tendo assim necessidade de executar regularização como pequenos aterros, dando condições geométricas definidas ao subleito. Importante ressaltar que a regularização em trechos de curva, será executada de modo a resultar numa seção transversal com a inclinação 1% correspondendo à superelevação calculada para essa curva (SENÇO, 2001).

Para que se possa evitar eventuais recalques, as normas exigem uma compactação do subleito de 100% em relação aos demais ensaio de Proctor Normal ou Proctor Intermediário ou Proctor Modificado dependendo do número de golpes em cada camada (SENÇO, 2001).

2.2.3 Reforço do subleito

É uma camada posta por circunstâncias técnico-econômicas, de espessura constante, acima da camada de regularização, com características geotécnicas inferiores ao material utilizado na camada seguinte, porém com materiais melhores que a do subleito (DNIT, 2006).

O reforço deve atender algumas condições mínimas de qualidade como o Índice Suporte da ordem de 10 ou mais. Essa condição requer um C.B.R. acima de 10%, podendo completar a exigência de C.B.R. igual ou acima de 20% para o material de sub-base. Também deve exigir limitações para o índice de Plasticidade e o Limite de Liqueidez (SENÇO, 2001).

O autor menciona que em pavimentos rígidos, geralmente essa camada de reforço é dispensada, pelo fato de que as placas de concretos tem a função de resistir e distribuir os esforços verticais.

2.2.4 Sub-base

É a camada que complementa à base, quando não for possível construir a base diretamente sobre a regularização ou reforço do subleito por circunstâncias técnicas e econômicas, o material constituinte da sub-base deverá ter características superiores às do material de reforço, assim como o material da base deverá ser de melhor qualidade que o material da sub-base (SENÇO, 2007).

2.2.5 Base

Segundo SENÇO (2007), base é a camada destinada a suportar aos esforços verticais proveniente do tráfego e distribuí-lo ao longo das camadas. O pavimento pode ser composto de base e revestimento, sendo que a sub-base e o reforço do subleito poderá ou não complementar com a base.

2.2.5.1 Bases Rígidas

As bases rígidas são classificadas em (SENÇO, 2007):

- **Concreto de cimento:** é uma mistura de agregados, areia, cimento e água nas dimensões previstas em projeto. É considerada a base de maior característica rígida, podendo ou não ser armadas com barras metálicas, seu dimensionamento é baseado na teoria de Westergaard.
- **Macadame de cimento:** é uma base composta por agregado graúdo, com diâmetros de 50mm e 90mm, e os espaços vazios são preenchidos por um material de granulometria mais fina misturado com cimento, garantindo assim o travamento das pedras com razoável ligação entre elas.
- **Solo cimento:** é uma composição de solo selecionado, cimento e água, em proporções previamente determinadas, mistura essa que é

uniformizada e compactada, satisfaz as condições impostas pelo pavimento.

2.2.5.2 Bases Flexíveis

Bases flexíveis são classificadas (SENÇO, 2007):

- Base de solo estabilizado: é uma camada constituída com solo para satisfazer determinadas especificações de granulometria, limite de liquidez e índice de plasticidade, como o objetivo de estabilização de forma natural ou artificial. Quando a estabilização for proveniente da própria distribuição granulométrica dos grãos, tornando-se uma base relativamente impermeável, dar-se o nome de base estabilizada granulometricamente. Quando a ideal granulometria for atingida por meio de pedra britada, suprimindo a ausência de material graúdo, a camada é nomeada de solo brita.
- Base de macadame hidráulico: é uma base ou sub-base constituída de uma ou mais camadas de pedra britada, de fragmentos encentrados entre si e material de enchimento. O enchimento de materiais nos vazios do agregado graúdo é feita por meio do auxílio de água.
- Base de brita graduada: é obtida da mistura, feita em usinas de agregados, contendo inclusive material de enchimento, água e eventualmente, cimento. É uma base que substitui o macadame hidráulico, tendo grandes vantagens no processo de construção.
- Base de macadame betuminoso: É a base que utiliza o betume como elemento aglutinante. Consiste na superposição de camadas de agregados interligados por pinturas de material betuminoso. O número de camadas depende da espessura estabelecida em projeto. Os agregados seguem uma relação de diâmetro de baixo para cima, podendo até, chegar ao nível final superior com granulometria própria de camada de revestimento.

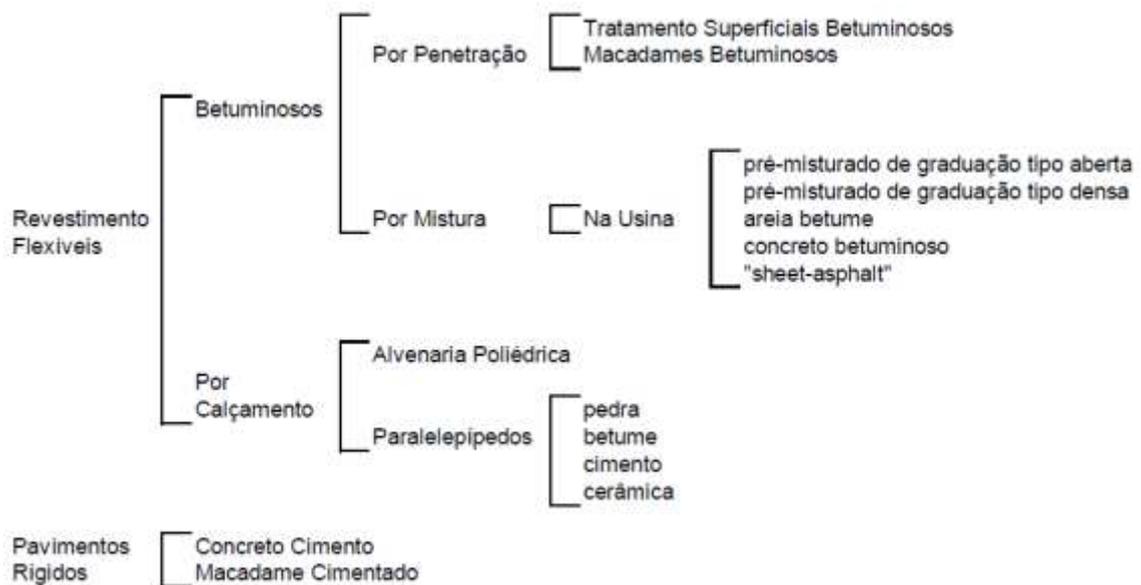
- Bases de paralelepípedo e de alvenaria poliédrica (por aproveitamento): leito de antigas estradas servem como base, pois, com veículos atingindo velocidades cada vez maiores, ocasiona trepidações e alta sonoridade. Esses antigos revestimentos passaram a ser recapeados entre as bases flexíveis, por aproveitamento.

2.2.6. Revestimento

É a camada mais nobre do pavimento, sua execução deverá ser procedida com acompanhamento rigoroso com ensaios de controle. São classificados em revestimentos rígidos e flexíveis (SENÇO, 2001).

Para DNIT (2006), os revestimentos podem ser agrupados de acordo com o esquema apresentado a seguir figura 3:

Figura 3: Classificação dos revestimentos



Fonte: DNIT, 2006.

2.2.5.3 Revestimento Flexíveis

Os Revestimentos Flexíveis Betuminosos são constituídos basicamente da associação de materiais betuminosos e agregados, podendo ser associados de duas formas, classificadas: por penetração (Invertida ou Direta) e por mistura (DNIT, 2006).

Revestimentos Betuminosos por Penetração Invertida são executados através de uma ou mais aplicação de material betuminoso, com operação de espaçamento e compressão de camadas de agregados com granulometrias apropriadas. Conforme o número de camadas tem-se os intitulados, tratamento superficial triplo, duplo ou simples (DNIT, 2006).

Revestimentos Betuminosos por Penetração Direta é executado através do espalhamento e compactação de camadas de agregados com granulometrias apropriadas, após a compressão de cada camada e submetida a uma aplicação de material betuminoso, e por fim, na última camada, uma aplicação de agregado miúdo (DNIT, 2006).

Macadame Betuminoso por Penetração Direta geralmente duas aplicações sucessivas de agregado e ligante betuminoso, feita por espalhamento, iniciada pela aplicação do agregado mais graúdo (BERNUCCI, 2010).

Revestimentos por mistura é quando o agregado é pré-envolvido com o material betuminoso, antes da compressão, podendo ser misturados na usina ou na própria pista. Adotando ainda as seguintes designações:

Pré-Misturados a Frio constitui uma mistura de matérias betuminosas pouco viscosas (emulsões) e agregados à uma temperatura ambiente, sem a necessidade de aquecimento. Já os Pré-Misturados a Quente é quando o ligante e o agregado são misturados e espalhados na pista ainda quente (DNIT, 2006).

Revestimentos Flexíveis por Calçamento são basicamente dois tipos: Alvenaria Politélica, que consiste em camadas de pedras irregulares, assentadas e comprimidas sobre um colchão de regularização, constituído de material granular apropriado. E os Paralelepípedos são blocos regulares, assentes sobre um colchão, de regularização constituído de material granular apropriado (DNIT, 2006).

2.2.5.4 Revestimento Rígido

Para DNIT (2006), o concreto de cimento é constituído por uma mistura com grande quantidade de cimento Portland, areia, agregado graúdo e água, em uma camada devidamente adensado. Tal camada funciona como revestimento e base do pavimento.

Temos como exemplo a figura 4 e figura 5 logo abaixo, que mostra a estrutura completa de um pavimento rígido e do pavimento Flexível respectivamente.

Figura 4: Estrutura do pavimento rígido

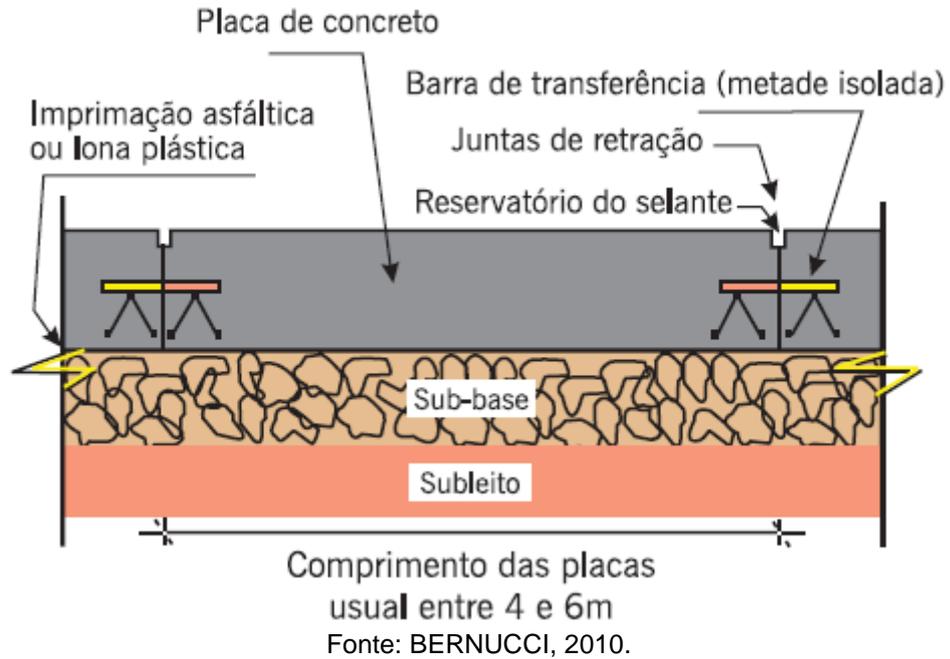
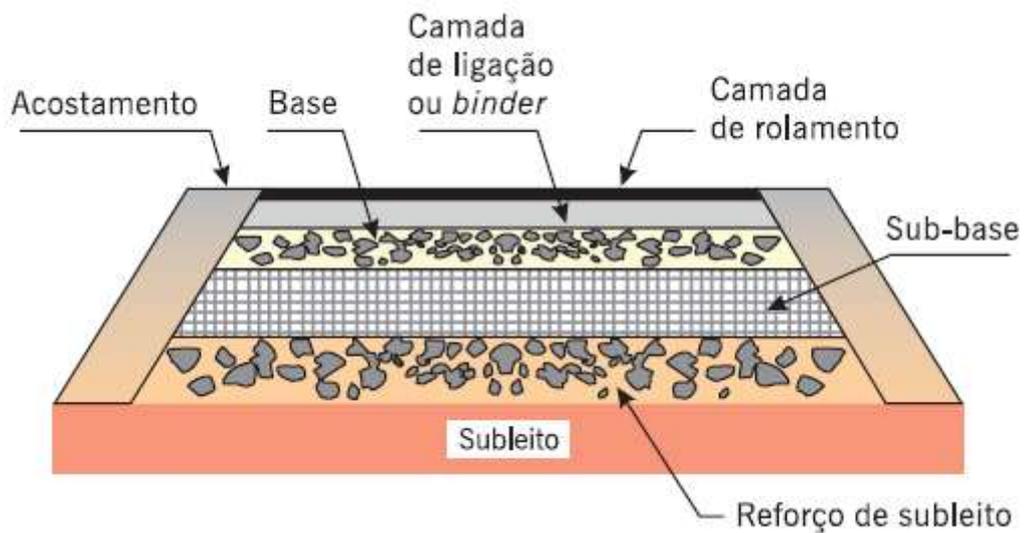


Figura 5: Estrutura do pavimento flexível



Fonte: BERNUCCI, 2010.

2.3 Carregamentos submetidos ao pavimento

Os caminhões e ônibus são os veículos que realmente interessam para o dimensionamento e análise de pavimentos, pois os veículos leves causam danos insignificantes às estruturas se comparado com os demais, devido a equivalência entre as cargas (Balbo, 2007).

Os carregamentos no qual o pavimento é exposto são transmitidas por meio das rodas pneumáticas dos veículos. No qual a área de contato entre o pavimento e os pneus tem a forma de uma elíptica, já as pressões exercidas devido a rigidez dos pneus, tem uma distribuição parabólica no qual a pressão máxima está localizada no centro da área carregada (SENÇO, 2008).

Sendo a distribuição de cargas feita pelas rodas, as pressões a serem calculadas são provenientes das cargas das rodas, embora geralmente se faça referência a cargas por eixo. Desde que conheça a pressão aplicada, o raio da área circular pode ser calculado para qualquer valor de carga, seja por eixo simples com uma ou duas rodas de cada lado do veículo (Senço, 2007).

2.3.1 Estudo dos veículos

O levantamento dos veículos em circulação é fundamental para estudos econômicos, para definição dos veículos tipo a serem considerados no dimensionamento do pavimento das vias, na determinação das características geométricas e a determinação da capacidade e níveis de serviço (DNIT 2006).

Na elaboração de um projeto é necessário estudar os tipos de veículos em circulação, dividindo em classes e estabelecendo a representatividade de cada veículo quanto ao seu tamanho dentro de cada classe. Devido à grande variedade de veículos acarreta à escolha de um tipo representativo, para fins práticos, que em dimensões e limitações de manobras, ultrapasse a grande maioria de sua classe. A esse modelo chamado de veículo de projeto, são definidos peso, dimensões e características de operação servirão de base para estabelecer os controles do projeto e suas interseções (DNIT 2006).

DNIT (2006), classifica os veículos em cinco categorias, a serem utilizados em cada caso, seguindo as características predominantes no tráfego:

- **VP** - São os veículos leves, como automóvel, incluindo vans, minivans, pick-ups, utilitários e similares.
- **CO** - São os veículos comerciais rígidos, não articulados. No qual envolvem os ônibus e caminhões convencionais, no qual são caracterizados por dois eixos de quatro a seis rodas.
- **O** - São os veículos comerciais de maiores dimensões rígidos. Neste grupo incluem-se os ônibus de longo percurso, ônibus urbanos longos, ônibus de turismo, caminhões longos, frequentemente com três eixos.
- **SR** - São os veículos comerciais articulados, compostos de uma unidade de semi-reboque e uma tratora simples (cavalo mecânico). Seu comprimento normalmente se aproxima do limite máximo permitido para veículos dessa categoria.
- **RE** - São os veículos comerciais com reboque. É composto basicamente de uma unidade tratora simples, um e um reboque, conhecido como bitrem.

A figura 6 mostra as principais dimensões básicas dos veículos de projeto para a utilização nos projetos de pavimentação.

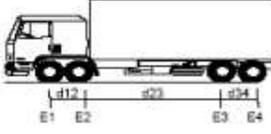
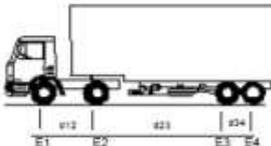
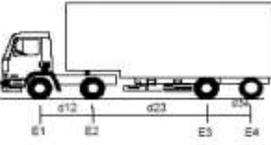
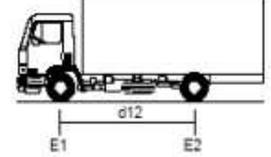
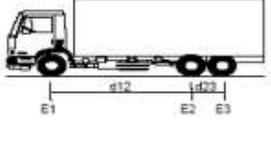
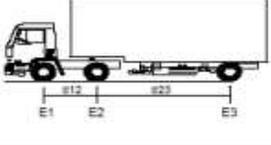
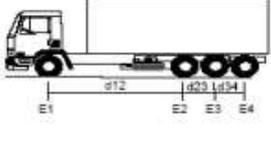
Figura 6: Principais dimensões básicas dos veículos de projeto

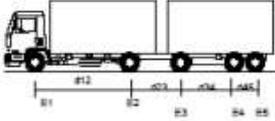
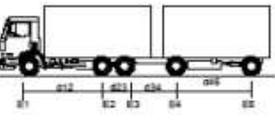
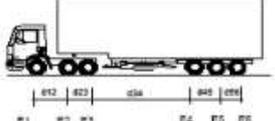
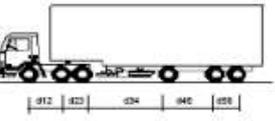
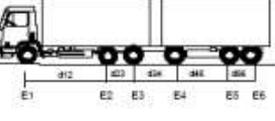
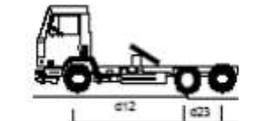
Designação do veículo tipo Características	Veículos leves (VP)	Caminhões e ônibus convencionais (CO)	Caminhões e ônibus longos (O)	Semi-reboques (SR)	Reboques (RE)
Largura total	2,1	2,6	2,6	2,6	2,6
Comprimento total	5,8	9,1	12,2	16,8	19,8
Raio min. da roda externa dianteira	7,3	12,8	12,8	13,7	13,7
Raio min. da roda interna traseira	4,7	8,7	7,1	6,0	6,9

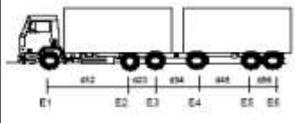
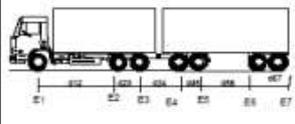
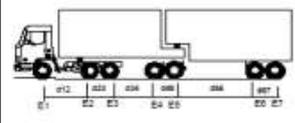
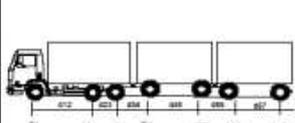
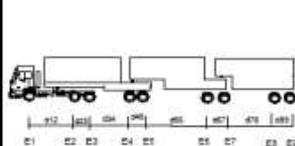
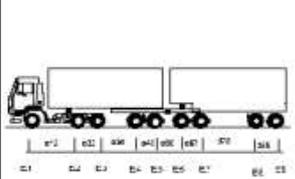
Fonte: DNIT,2006

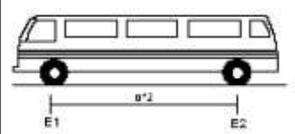
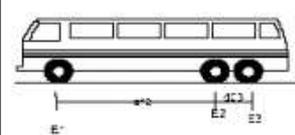
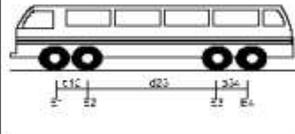
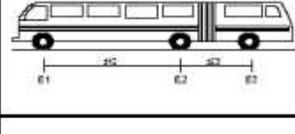
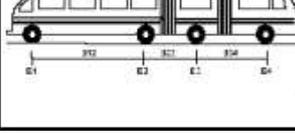
Os veículos adotados pelo DNIT são classificados conforme a figura 7 que apresenta as configurações básicas de cada veículo ou combinações de veículos bem como o número de eixos, seu Peso Bruto Total (PBT) máximo e sua classe.

Figura 7: Veículos classificados pelo DNIT

	4	29(30,5)	CAMINHÃO DUPLO DIRECIONAL TRUCADO E1E2 = conjunto de eixos direcionais CED, CM = 12t E3E4 = TD, CM = 17t 1,20m < d34 ≤ 2,40m	4CD
	4	33(34,7)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3E4 = TD, CM = 17t d12, d23 > 2,40m 1,20m < d34 ≤ 2,40m	2S2
	4	36(37,8)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4 = ED, RD, CM 10t d12, d23, d34 > 2,40m	2I2
SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	2	16(16,8)	CAMINHÃO E1 = eixo simples (ES), rodagem simples (RS), carga máxima (CM) = 6t ou capacidade declarada pelo fabricante do pneumático E2 = ES, rodagem dupla (RD), CM = 10t d12 ≤ 3,50m	2C
	3	23(24,2)	CAMINHÃO TRUCADO E1 = ES, RS, CM = 6t E2E3 = ES, conjunto de eixos em tandem duplo TD, CM = 17t d12 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3C
	3	26(27,3)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM = 6t E2 = ED, RD, CM = 10t E3 = ED, RD, CM = 10t d12, d23 > 2,40m	2S1
	4	31,5(33,1)	CAMINHÃO SIMPLES E1 = ES, RS, CM 6t E2E3E4 = conjunto de eixos em tandem triplo TT; CM = 25,5t d12 > 2,40 1,20m < d23, d34 ≤ 2,40m	4C

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	5	43(45,2)	CAMINHÃO + REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4E5 = TD, CM 17t d12, d23, d34 > 2,40m 1,20m < d45 ≤ 2,40m	2C3
	5	43(45,2)	CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3C2
	6	45(47,3)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4E5E6 = TT, CM 25,5t d12, d34, > 2,40m 1,20m < d23, d45, d56 ≤ 2,40m	3S3
	6	45(47,3)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t E6 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d45, d56 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3I3
	6	45(47,3)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5E6 = TD, CM 17t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23, d56 ≤ 2,40m	3J3
	6	45(47,3)	CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5E6 = TD, CM 17t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23, d56 ≤ 2,40m	3C3
	6	19,5(20,5)	CAMINHÃO TRATOR E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD(6 pneus), CM 13,5t 1,20m < d23 ≤ 2,40m A CMT do conjunto vai variar conforme a capacidade do semi-reboque, no mínimo 10 ton até, no máximo o limite legal de 4r ton.	X

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	6	50(52,5)	ROMEU E JULIETA(caminhão trucado + reboque) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = T0, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5E6 = TD, CM 17t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23, d56 ≤ 2,40m	3D3
	7	57(59,9)	ROMEU E JULIETA(caminhão trucado + reboque) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = T0, CM 17t E4E5 = TD, CM 17t E6E7 = TD, CM 17t d12, d34, d56 > 2,40m 1,20m < d23, d45, d67 ≤ 2,40m	3D4
	7	57(59,9)	BI TREM ARTICULADO(caminhão trator trucado + dois semi reboques) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = T0, CM 17t E4E5 = TD, CM 17t E6E7 = TD, CM 17t d12, d34, d56 > 2,40m 1,20m < d23, d45, d67 ≤ 2,40m	3D4
	7	63(66,2)	TREMINHAO(caminhão trucado + dois reboques) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t E6 = ED, RD, CM 10t E7 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d56, d67 > 2,40m	3Q4
	9	74(77,7)	TRI TREM(caminhão trator trucado + três semi reboques) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4E5 = TD, CM 17t E6E7 = TD, CM 17t E8E9 = TD, CM 17t d12, d34, d56, d78 > 2,40m 1,20m < d23, d45, d67, d89 ≤ 2,40m	3T6
	9	74(77,7)	RODOTREM (caminhão trator trucado + dois semi reboques dom dolly) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4E5 = TD, CM 17t E6E7 = TD, CM 17t E8E9 = TD, CM 17t d12, d34, d56, d78 > 2,40m 1,20m < d23, d45, d67, d89 ≤ 2,40m	3T6

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	2	16(16,8)	ÔNIBUS E1 = ES, RS, CM 6t ou a capacidade declarada pelo fabricante do pneumático E2 = ED, RD, CM 10t $d_{12} \leq 3,50\text{m}$	2CB
	3	19,5(20,5)	ÔNIBUS TRUCADO E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos, carga máxima 13,5t $d_{12} > 2,40\text{m}$ $1,20 < d_{23} \leq 2,40\text{m}$	3CB
	4	25,5(26,8)	ÔNIBUS DUPLO DIRECIONAL TRUCADO E1E2 = conjunto de eixos direcionais, carga máxima 12 ton E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos, carga máxima 13,5t $1,20 < d_{34} \leq 2,40\text{m}$	4CB
	3	26(27,3)	ÔNIBUS URBANO ARTICULADO E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t $d_{12}, d_{23} > 2,40\text{m}$	2SB1
	4	36(37,8)	ÔNIBUS URBANO BI-ARTICULADO E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4 = ED, RD, CM 10t $d_{12}, d_{23}, d_{34} > 2,40\text{m}$	2IB2

Fonte: DNIT,2006.

2.4 Dimensionamento

A avaliação do pavimento quanto a solicitação já sofrida pelo tráfego é importante para o diagnóstico preciso do pavimento existente. Para critérios de dimensionamento do reforço ou outras intervenções é necessária a determinação do tráfego futuro. É fundamental que se tenha os valores do volume médio diário (VMD), classificação da frota, carregamento da frota, fator de equivalência de carga e número equivalente "N" (DNIT, 2006).

2.4.1 Volume Médio Diário (VMD)

Volume médio diário é o volume total de veículos que por uma seção da via levando em consideração todos os veículos em ambos os sentidos da via, o que levará algumas considerações de redução posteriormente. Geralmente o VMD é

obtido com base de cálculo de 365 dias, abrangendo todas as condições de sazonalidades meses ou semanas do tráfego no trecho analisado (BALBO, 2007).

O VMD anual obtido logo após a determinação do somatório dos veículos que circularam durante o ano, logo após é dividido o valor do somatório pela quantidade de dias (365 dias). Assim, o valor do VMD é a média diária sobre uma base de cálculo anual e não obrigatoriamente expressa o volume real em um dia qualquer do ano (BALBO, 2007).

2.4.2 Classificação da Frota

A classificação mínima útil à avaliação do tráfego é composta pelas seguintes subclasses de veículos de carga: caminhão leve, caminhão médio, caminhão pesado, reboque/semirreboque. Pode ocorrer expressivas variações na capacidade de carga de uma determinada subclasse, portanto, os semi-reboques são classificados em 2S1; 2S2; 3S2; 2S3; etc. Na nomenclatura adotada, o primeiro número representa a quantidade de eixos do cavalo mecânico e o segundo, a quantidade de eixos do semi-reboque (DNIT, 2006).

2.4.3 Carregamento da Frota

Os pesos por eixo de um dos tipos de veículo de carga, é igualmente importante quanto a classificação da frota, para que a distribuição de carga por eixo seja adequada, evitando assim erros nas previsões da solicitação futura do tráfego (DNIT, 2006).

A distribuição das cargas por eixo pode ser estimada pela “Tabela de Fatores de Veículos”. Nessa tabela são calculados para cada trecho, os fatores de veículos (FV) pelo método da AASHTO e pelo método do Corpo dos Engenheiros (USACE) (DNIT, 2006).

2.4.4 Fator de Equivalência de carga (FC)

Fatores de Equivalência de Cargas (FC) é a conversão do tráfego misto em um número equivalente de operações de um eixo considerado padrão. Estes fatores permitem transformar uma aplicação de um eixo solicitado por uma determinada

carga em um número de aplicações do eixo-padrão que deverá proporcionar um efeito semelhante (DNIT, 2006).

As cargas dos veículos nas camadas do pavimento provocam deflexões e alteram o estado de tensões e deformações. As cargas geram um efeito destrutivo em que reduz a vida remanescente do pavimento. Com configurações de eixos e cargas diferentes geram deflexões variadas, que prejudica o pavimento de diversas formas. Os fatores de equivalência de carga por eixo servem para fazer as conversões das várias possibilidades de cargas por eixo em números de eixo-padrão (DNIT, 2006).

Quando houver falta de dados ou deficiências, é proposto adotar o valor do fator de equivalência de carga igual a 1,700 (SENÇO, 2007).

Os fatores de equivalência da AASHTO são baseados nos índices de serventia terminal, na resistência do pavimento (número estrutural) e na perda de serventia (PSI) que varia com o tipo do pavimento (flexível e rígido). Os valores são diferentes dos obtidos pelo USACE, que levam em consideração os efeitos do carregamento na deformação permanente como afundamento nas trilhas de roda (DNIT, 2006).

2.4.5 Fator de eixo (FE)

É um fator que converte o tráfego de veículos padrão, em quantidades de eixos equivalente. Portanto, calcula-se o número de eixos dos veículos que transitam pela via (SENÇO, 2007).

Segundo o mesmo autor o fator de veículo (FV) é o produto do FC com o FE, ou seja, um número que multiplicado pelo número de veículos que operam, fornecendo o número de eixos equivalente ao eixo padrão.

2.4.6 Método de Dimensionamento Pavimento Flexível

O método de dimensionamento de pavimentos flexíveis que se adota geralmente é a adaptação do método de dimensionamento de aeroportos do Corpo de Engenharia dos Estados Unidos, chamado de “Método de Dimensionamento de Pavimento Flexíveis do DNER”, sendo adaptada para o Brasil pelo engenheiro

Murillo Lopes de Souza no ano de 1962 em uma primeira versão, e com aprimoramentos em sua nova versão em 1966 (MEDINA, 1997).

2.4.7 Método de Dimensionamento Pavimento Rígido

Segundo DNIT (2004), existe dois métodos para o dimensionamento dos pavimentos rígidos:

- O método PCA de 1966, um método fundamentado no Modelo de Fadiga do Concreto e na análise do sistema estrutural ligado ao caso das placas elásticas no qual são apoiadas em fundações contínua;
- O método PCA de 1984, adotando um procedimento de um modelo modificado de fadiga, o modelo de erosão, no qual insere considerações no que se refere o escalonamento adotando na análise estrutural por Elemento Finito;

O DNIT (2004) no que se refere ao projeto geométrico de juntas, fornece informações que possibilitam definir as dimensões superficiais das placas de concreto, os tipos, a geometria e a localização das juntas, o tipo de aço, bitola, comprimento, espaçamento das barras e aspectos especiais de projeto.

O método da *Portland Cement Association* (PCA) de 1984, aplica-se tanto a pavimentos de concreto simples e com barras de transferência, como naqueles dotados de armadura distribuída, sem função estrutural, podendo ser contínua ou descontínua. É, portanto, um modelo de análise estrutural de elementos finitos, possibilitando a combinação de diferentes fatores de projeto, permitindo assim a concepção de uma extensa gama de soluções alternativas e conseqüentemente a definição da solução mais econômica (DNIT, 2004).

Ainda segundo DNIT (2004), o método PCA/1984 é uma remodelagem do tradicional método PCA 1966. Tanto no modelo atual como no anterior, o valor de suporte da fundação é o coeficiente de recalque k , sendo a resistência do concreto medida aos 28 dias, conforme as tabelas e ábacos que compõem o método já consideram o crescimento da resistência com o passar do tempo.

2.5 Patologias em pavimento flexível

As patologias apresentadas no pavimento são classificadas em defeitos funcionais e defeitos estruturais. O defeito funcional são os que prejudicam as condições de rolamento da via, comprometendo a segurança e o conforto do usuário quanto à derrapagem. O defeito estrutural são os que danificam a estrutura do pavimento comprometendo o seu suporte as cargas oriundas do tráfego (SOUZA, 2004).

2.5.1 Fendas

As fendas segundo DNIT (2003), são descontinuidades na superfície do pavimento, em níveis de maior ou menor intensidade, apresentada de diversas formas, como por exemplo as fissuras, trincas.

2.5.2 Fissura

As fissuras são fendas que ainda não proporcionam problemas funcionais ao pavimento, posicionadas no pavimento no sentido longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, tendo extensão inferior a 30 cm e, sendo perceptíveis a olho nu a uma distância inferior a 1,50m (DNIT, 2003).

2.5.3 Trincamentos

São aberturas superior à das fissuras, sendo possível a fácil visualização, podendo ser apresentada sob forma de trinca isolada ou trinca interligada.

Segundo DNIT (2003), Trincas isoladas se divide em três grupos: trinca transversal onde sua direção predominante e ortogonal ao eixo da via podendo ser curta em caso de sua extensão ser menor do que 100 cm ou longa quando superior, trinca longitudinal onde sua direção predominante e paralela ao eixo da via podendo ser curta em caso de sua extensão ser menor do que 100 cm ou longa quando superior, e trinca de retração que não se atribui aos fenômenos de fadiga e sim aos fenômenos de retração térmica ou do material do revestimento ou material de base rígida subjacentes ao revestimento trincado. Podemos verificar alguns exemplos na figura 8.

Figura 8: Exemplos de trincas isoladas



Trincamento longitudinal

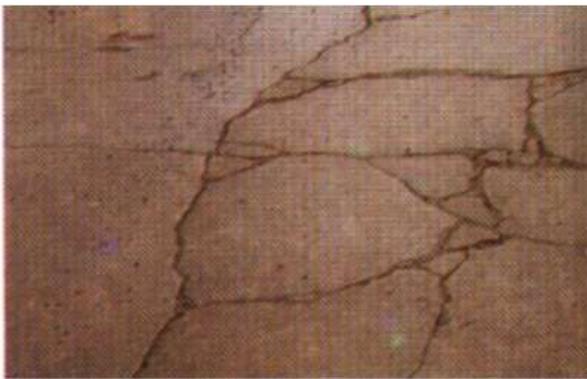


Trincamento transversal

Fonte: DOMINGUES, 1993.

Trincas interligadas segundo DNIT (2003), são de dois tipos os quais podem apresentar ou não erosões acentuadas nas pontas: trinca tipo “Couro de Jacaré” no qual consiste em um conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, e a trinca tipo “Bloco” que consiste em trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados de lados bem definidos. Identificadas na figura 16.

Figura 9: Exemplos de trincas interligadas



Trinca tipo "Bloco"



Trinca tipo "Couro de Jacaré"

Fonte: DOMINGUES, 1993.

2.5.4 Afundamento

Afundamento são depressões que surgem na superfície do pavimento de modo permanente, acompanhado, ou não de solevamento, sendo apresentada sob a forma de afundamentos de consolidação ou plástico (DNIT, 2003).

O afundamento de consolidação pela estabilização de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito não estando acompanhado pelo solevamento. Podendo

ser classificada de acordo sua extensão, quando menor de 6 m é denominado de afundamento de consolidação local, e quando maior de 6 m e estiver localizada ao longo da trilha de roda é denominada de afundamento de consolidação da trilha de roda (DNIT, 2003).

O mesmo autor define afundamento plástico aquele no qual é causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, apresentando o acompanhamento de solevamento. Podendo ser classificada de acordo sua extensão, quando menor de 6m é denominado de afundamento plástico local, e quando maior de 6 m e estiver localizada ao longo da trilha de roda é denominada de afundamento plástico da trilha de roda, como observado na figura 10.

Figura 10: Afundamento de trilha de roda



Fonte: DOMINGUES, 1993.

2.5.5 Ondulação ou Corrugação

A ondulação ou corrugação são caracterizadas pela deformação por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento, ocorrer em zonas fortemente solicitadas por efeitos tangenciais, sendo mais aparentes próximo a trilha de roda (DNIT, 2003).

2.5.6 Escorregamento

O escorregamento é o deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, podendo ser facilmente identificada pelo aparecimento de fendas em forma de meia-lua (DNIT, 2003).

2.5.7 Exsudação

A exsudação segundo DNIT (2003), se deve ao fato do aparecimento de excesso de ligante ou argamassa betuminosa na superfície do pavimento, ocasionado pela migração do ligante através do revestimento, como demonstra a figura 17.

Figura 11: Exemplo de exsudação no pavimento



Fonte: DOMINGUES, 1993.

2.5.8 Desgaste

O desgaste é a perda de forma progressiva de materiais do revestimento ocasionada pelo deslocamento progressivo de partículas do agregado, decorrendo ao longo ou imediatamente abaixo da superfície do pavimento (DNIT, 2003).

2.5.9 Panela ou buraco

As panelas são cavidades de tamanhos variados, ocorrendo em qualquer local da superfície do pavimento, principalmente próximos das trilhas de roda por serem mais solicitadas, ocasionada por diversas causas como por exemplo a falta de aderência entre camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas, como observado na figura 18 (DNIT, 2003).

Figura 12: Exemplo de painéis ou buracos no pavimento



Fonte: DOMINGUES, 1993.

2.5.10 Remendo

O remendo é uma porção de revestimento no qual o material original é removido e implantado outro material similar ou diferente, de acordo com técnicas apropriada ou o simples preenchimento do buraco. Embora tal procedimento seja uma correção de defeitos, na grande maioria dos casos geram desconforto ao usuário. Classificado em remendo profundo e superficial (DNIT, 2003).

Remendo profundo é quando o pavimento necessita da substituição de uma ou mais camadas inferiores, apresentada na forma retangular, já o remendo superficial é a correção em áreas da superfície do revestimento, no qual é aplicada uma camada de betuminosa (DNIT, 2003).

2.5.11 Procedimentos de recuperação

O procedimento de recuperação do pavimento se divide em dois tipos, os remendos superficiais e os remendos profundos como descritos logo abaixo (DNIT, 2009).

São executados como o objetivo de selar, provisoriamente, as trincas superficiais de modo a evitar a penetração da umidade no interior do pavimento, impedindo maiores degradações. Os procedimentos a serem seguidos são:

- a) A aplicação de capa selante ou de uma fina camada de material betuminoso e agregado miúdo, misturado em usina.

- b) Podendo ser aplicado em segmentos cujas trincas não apresentam uma largura superior a 3 mm.
- c) No preparo do local a ser aplicado, deve ser cortado o revestimento existente, de modo a formar uma vala em torno da área degradada.
- d) É necessário a limpeza por meio de varredura do local, ou jato de ar comprimido.
- e) No que se refere a superfície onde será aplicada a emulsão asfáltica de ruptura rápida.

2.6 Acessibilidade Universal

2.6.1 Problemática

A definição de acessibilidade segundo a lei 10.098, de 19 de dezembro de 2000:

“Possibilidade e condição de alcance para utilização, com segurança e autonomia, dos espaços, mobiliários e equipamentos urbanos, das edificações, dos transportes e dos sistemas e meios de comunicação, por pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida”.

Diariamente, é comum percebemos a dificuldade enfrentadas pelas pessoas com necessidade especiais em realizar atividades cotidianas, como ir ao trabalho, ir para locais de lazer, atravessar avenidas dentre outras. As principais reclamações dessas pessoas se referem a falta de rampas, de calçada para se locomover ou para entrar no transporte coletivo, a falta de educação dos motoristas tanto de ônibus quanto os motoristas que não respeitam as rampas de acesso, fiscalização e punição aos infratores da lei (MELO, 2012).

2.6.2 Políticas Públicas

Todo ser humano, independentemente de suas características que os diferencie, como a sua condição de gênero, de orientação sexual, de sua idade, de etnia, de posicionamento político ou religioso, tem o dever e o direito de usufruir os bens ao qual pertence, e também aos bens que sua sociedade acumulou e os espaços socialmente construídos (FERNANDES, I. PINHEIRO, H. C., 2015).

Em um Convenção da ONU de 2006, Convenção da ONU Sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, ouve uma contribuição significativa no que se refere a acessibilidade universal, pois marcou o começo da construção de políticas públicas contemporâneas que preservam a dignidade da condição humana. Nesse contexto, se faz necessário, que se configurem políticas públicas no ponto de vista da acessibilidade. Pois cada pessoa possui a sua diferença, devendo assim ser respeitada e aceita pela sociedade (FERNANDES, I. PINHEIRO, H. C., 2015).

2.6.3 Ônibus

Segundo a NBR 14022 (2011), não pode existir nenhum obstáculo técnico na entrada e na saída do veículo (ônibus) que possam ser barreiras físicas para os passageiros com deficiência ou mobilidade reduzida. A norma também lista as características indispensáveis para o ônibus, os quais, são: piso baixo, piso alto com acesso realizado por plataforma de embarque/desembarque, piso alto equipado com plataforma elevatória veicular.

No ônibus é necessário também ter pelo menos uma porta para embarque e desembarque com ou sem auxílio de dispositivo para transposição de fronteira. Os assentos preferencias devem ser no mínimo 10% dos assentos disponíveis, de preferência localizados próximos à porta de acesso, sendo sinalizados e de fácil identificação, sendo que o mínimo é de dois assentos configurado dos de banco duplo (NBR 14022, 2011).

Pela NBR 14022 (2011), o ônibus deve ter reservado pelo menos uma área para cadeira de rodas, localizada preferencialmente defrente à porta de embarque e desembarque em nível. As dimensões mínimas de área devem ser de 1300mm de comprimento por 800mm de largura, e no mínimo 1200mm para manobra e acomodação da cadeira e 100mm decorrente do avanço das rodas em relação ao alinhamento vertical do grada-corpo.

2.6.4 Acessibilidade nas estações de ônibus

As estações de ônibus deveram possibilitar a integração com acessibilidade aos meios de transportes, proporcionar circulação interna das estações visando organizar o fluxo de usuários, proporcionando áreas de refúgio e evacuação em casos de emergência, e deve ser estabelecido no mínimo 20% dos assentos para uso das pessoas com deficiência e próximos ao local de embarque (NBR 14022, 2011).

Segundo a mesma norma a acessibilidade na fronteira da plataforma com o ônibus não deve ultrapassar 30mm em vão e uma diferença de altura de no máximo 20mm entre o ponto de parada e o dispositivo para transposição de fronteira. Caso não seja possível estas especificações, poderá assim ser adequar por meio de:

- Rampa de acionamento motorizado ou manual;
- Sistema de movimentação vertical da suspensão do veículo;
- Plataforma de embarque e desembarque;
- Plataforma elevatória veicular;
- Combinações de um ou mais dispositivos.

Para oferecer condições de segurança em relação a estas adequações, são adotadas as seguintes características: o suporte a uma carga de 250 kgf, piso antiderrapantes e não apresentar cantos vivos que possam oferecer risco aos usuários. Vale lembrar que não pode ocorrer movimentação do veículo durante a transposição (NBR14022, 2011).

A NBR 140222 (2011) estabelece que as estações de ônibus devem ser previstas a instalação de dispositivos de sinalização tais como sinalização visual, tátil e auditiva, devendo existir informações respectivas linhas de ônibus.

3 METODOLOGIA

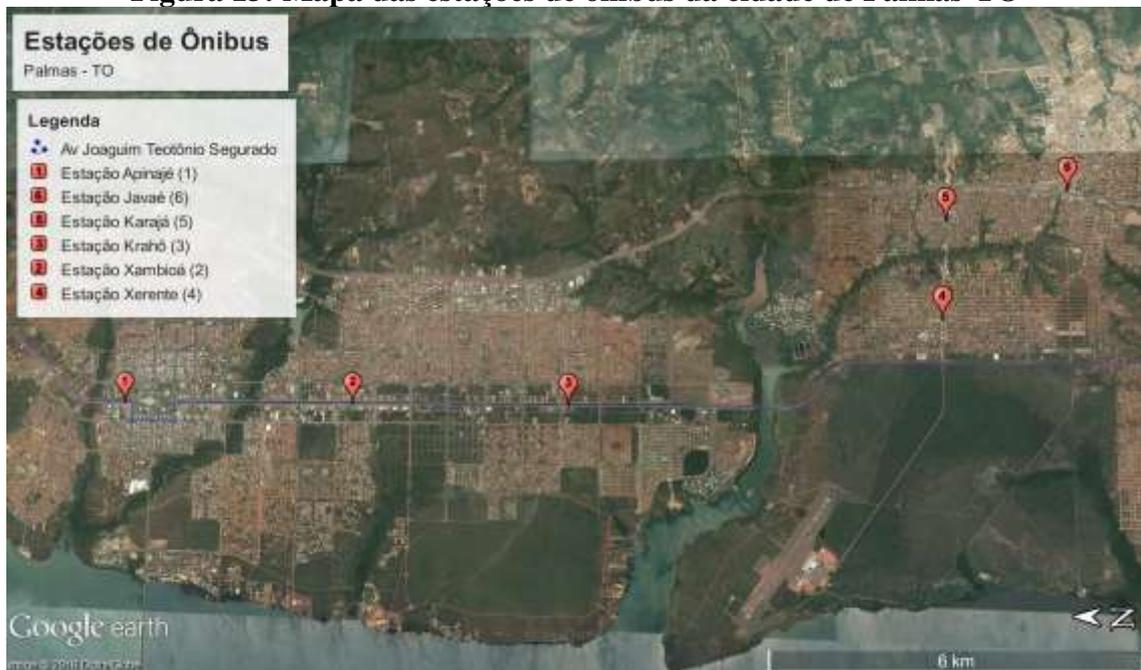
A abordagem do problema é tanto quantitativa, qualitativa e estudo de caso, uma vez que tem por objetivo além de analisar os resultados, compara-los entre si, de modo a identificar o de melhor desempenho.

3.1 Apresentação do objetivo de estudo

O estudo do pavimento e da acessibilidade universal para este trabalho se limita nas estações de ônibus da Avenida Joaquim Teotônio Segurado, na cidade de Palmas, Tocantins, podendo também ser aplicado, com algumas considerações de tráfego e dimensionamento do pavimento, nas demais estações de ônibus.

As estações de ônibus da cidade de Palmas-TO, foram dispostas de forma planejada em um total de (seis) estações, dotadas de nomes de povos indígenas do estado do Tocantins. A distribuição com os respectivos nomes está representada na figura 13. Somente três estações estão localizadas na Avenida Joaquim Teotônio Segurado as quais são: estação Apinajé (1), Xambioá (2) e Krahô (3), conforme representado na figura 14.

Figura 13: Mapa das estações de ônibus da cidade de Palmas-TO



Fonte: Google Earth, adaptada pelo autor (2016).

Figura 14: Mapa das estações da Avenida Joaquim Teotônio Segurado



Fonte: Google Earth, adaptada pelo autor (2016).

A localização das estações de ônibus da Cidade de Palmas, Tocantins, está descrita logo abaixo:

- 1) **Estação Apinajé:** Avenida Joaquim Teotônio Segurado - Plano Diretor Norte - Palmas/TO;
- 2) **Estação Xambioá:** Avenida Joaquim Teotônio Segurado - Plano Diretor Sul - Palmas/TO;
- 3) **Estação Krahô:** Avenida Joaquim Teotônio Segurado - Plano Diretor Sul - Palmas/TO;
- 4) **Estação Xerente:** Avenida I - Plano Diretor Sul - Palmas/TO;
- 5) **Estação Karajá:** Praça Brasília - Bairro Jardim Aurenny IV (Taquaralto) - Palmas/TO;
- 6) **Estação Javaé:** Rodovia TO 134 - Bairro Centro (Taquaralto) - Palmas/TO.

3.2 Levantamento da Estrutura do Pavimento

Para o levantamento dos dados referentes ao pavimento em estudo, tais como as camadas utilizadas, tipo de revestimento utilizados em projeto e outras informações necessárias, dados esses obtidos pela Prefeitura Municipal e por meio

de visitas nas estações de ônibus da Avenida Joaquim Teotônio Segurado, para o levantamento das reais condições do pavimento, identificando as manifestações patológicas, portanto, foi utilizado uma prancha para realizar as devidas anotações e uma máquina fotográfica para o registros fotográficos.

Na Prefeitura Municipal além de obter os dados referentes ao pavimento, é possível obter os procedimentos adotados pela Prefeitura para a realização dos reparos e manutenções periódicas, sendo um parâmetro fundamental para o estudo do pavimento, pois isso é de suma importância no que se refere a vida útil de um pavimento.

3.3 Identificação das manifestações patológicas

Os trechos a serem identificados as manifestações patológicas são os trechos da Avenida Joaquim Teotônio Segurado que representam as estações de ônibus Apinajé, Xambioá e Krahô. A quantificação dos defeitos do pavimento flexível foi realizada pelo método de visualização, a olho nu, percorrendo-se, a pé, toda sua extensão, registrando-se os dados numa ficha para cada estação de ônibus.

3.4 Estudos de caracterização de solo (ISC)

No ensaio de CBR, é medida a resistência a penetração de uma amostra saturada compactada. A norma DNIT 172/2016 - ME – Índice de Suporte Califórnia prescreve o método, as aparelhagens e os cálculos necessários à correta obtenção dos resultados.

Segundo a norma DNIT 172/2016, para a realização do ensaio, foram utilizados os seguintes materiais:

- Molde cilíndrico metálico com $15,24 \text{ cm} \pm 0,05 \text{ cm}$ de diâmetro interno e $17,78 \text{ cm} \pm 0,02 \text{ cm}$ de altura, com entalhe superior externo em meia espessura; cilindro complementar com $6,08 \text{ cm}$ de altura e com o mesmo diâmetro do molde, com entalhe inferior interno em meia espessura e na altura de 1 cm ; e base metálica com dispositivo de fixação do molde cilíndrico e do cilindro;
- Soquete metálico cilíndrico, de face inferior plana, com diâmetro de $5,08 \text{ cm} \pm 0,01 \text{ cm}$, massa de $4,536 \text{ kg} \pm 0,01 \text{ kg}$, e com altura de queda de $45,72 \text{ cm} \pm 0,15 \text{ cm}$. A camisa cilíndrica do soquete deve ter, no mínimo, 4 (quatro) orifícios de 1 cm de diâmetro, separados entre si de 90° e, aproximadamente, a 20 cm da base;
- Disco espaçador metálico, de $15,00 \text{ cm} \pm 0,05 \text{ cm}$ de diâmetro e de $6,35 \text{ cm} \pm 0,02 \text{ cm}$ de altura;

- Prato perfurado de bronze ou latão, com 14,90 cm de diâmetro e 0,50 cm de espessura, com uma haste central de bronze ou latão, ajustável, constituída de uma parte fixa rosqueada e de uma camisa rosqueada internamente e recartilhada externamente, com a face superior plana para contato com o extensômetro;
- Disco anelar de aço, para sobrecarga, dividido diametralmente em duas partes, com 2,27 kg de massa total, com diâmetro externo de 14,90 cm e diâmetro interno de 5,40 cm;
- Tripé porta-extensômetro, de bronze ou latão, com dispositivo para fixação do extensômetro;
- Extensômetro, com curso mínimo de 10 mm, graduado em 0,01mm;
- Prensa, para determinação do Índice de Suporte Califórnia.

Foi retirado amostras de solo da estação de ônibus Xambioá, no total de 27kg, no qual esta amostra foi secada ao ar livre e passada na peneira 19 mm para a eliminação do material retido nesta peneira, o material passante foi colocado em uma bandeja metálica no qual foi passado em outra peneira 4,8 mm, para a separação e pesagem deste material (Figura15 e 16). Foi realizado a montagem de cinco corpos de prova no qual cada um pesa 5kg. A estas amostras de solo era acrescentada quantidade de água suficiente para que a amostra atingisse teor de umidade ótimo determinado no ensaio de compactação, o solo era revolvido até que a amostra apresentasse aspecto homogêneo (Figura 17), em seguida são colocadas cinco camadas do material em um molde cilíndrico e são dados 12 golpes com o soquete demonstrado na figura 18.

Figura 15: Solo retido nas peneiras 19mm e 4,8mm



Fonte: Autor, 2016.

Figura 16: Pesagem das amostras



Fonte: Autor, 2016.

O molde então era virado deixando o espaço anteriormente ocupado pelo disco espaçador voltado para cima, neste espaço colocava-se o prato perfurado e sobre este. Na borda superior do cilindro era colocado a porta do extensômetro e acoplado a este, o conjunto era posicionado de tal forma que a extremidade da haste do extensômetro ficasse em contato com a haste de expansão do prato perfurado, tomando cuidado de sempre zerar o extensômetro, tendo assim uma leitura inicial padrão para todas as amostras.

Figura 17: Solo misturado com teor de água



Fonte: Autor, 2016.

Figura 18: Realização dos golpes com a haste



Fonte: Autor, 2016.

Posteriormente as amostras foram imersas em água, durante 4 dias (Figura 19), após o período de embebição, retirava-se cada corpo de prova da imersão e escoava-os por no mínimo 15 minutos, após esse tempo realizava-se o ensaio de penetração.

O conjunto era colocado sob o prato da prensa de CBR, o assentamento do pistão de penetração era feito pela aplicação de uma carga de aproximadamente 45 N controlada pelo deslocamento do ponteiro do extensômetro do anel dinamométrico. Sempre se atentava para que tanto o extensômetro do anel dinamométrico, quanto o extensômetro que mede a penetração do pistão no solo estivessem zerados para somente assim acionar a manivela (Figura 20).

Figura 19: Amostras imersas na água



Fonte: Autor, 2016.

Figura 20: Pistão de penetração



Fonte: Autor, 2016.

A manivela era rotacionada de forma a impor à prensa um deslocamento de 1,27mm/minuto, as leituras eram realizadas conforme prescrito na norma DNIT 172/2016: a cada 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0 minutos.

3.4.1 Levantamento do tráfego

O estudo do tráfego consiste em examinar todos os tipos de veículos em circulação em um determinado trecho, selecionando-os em classes, seguindo critérios conforme o porte do veículo. Devido à grande variedade de veículos é necessário definir os chamados veículos de projeto, que para finalidades práticas, são definidos como veículos cujas características, peso e dimensões servirão de base para adotar os parâmetros necessários para a elaboração de um projeto de pavimentação (DNIT,2006).

Para o levantamento do tráfego na Avenida Joaquim Teotônio Segurado, baseando-se na classificação do DNIT (2006). Sendo que a rolagem é definida pela quantidade de pneumáticos por eixo, sendo assim, uma rolagem simples indica que cada eixo possui apenas um pneumático em sua extremidade.

Foi necessário a realização da classificação dos veículos através de um código alfanumérico que representa as diversas classes, DNIT (2006) classifica as letras aos seguintes veículos:

- **C:** veículo simples (caminhão ou ônibus) ou veículo trator com reboque;
- **S:** veículo trator (cavalo mecânico) com semi-reboque;
- **I:** veículo trator com semi-reboque com distância entre eixos maior 2,40 m (eixos isolados);
- **J:** veículo trator com semi-reboque com um eixo isolado e um eixo em tandem;
- **D:** combinação dotada de duas articulações;
- **T:** combinação dotada de três articulações;
- **Q:** combinação dotada de quatro articulações;
- **X:** veículos especiais;
- **B:** ônibus.

Com a classificação, foi possível estimar intervalos de cargas dos diferentes eixos utilizados no pavimento rígidos e o número “N” utilizados nos projetos de pavimentos flexíveis.

A amostra de tráfego deve ser dimensionada a partir de análises estatísticas. O Volume Médio Diário (VMD) é o índice mais adequado para a determinação do

Volume Horário de Projeto (VHP), que está diretamente ligado com a capacidade da via (DNIT,2006).

Tem-se a necessidade de se estabelecer um período de tempo para a análise tendo em vista os fins a que se destina: para sua análise econômica e elementos para o seu dimensionamento. Para considerar uma vida útil de projeto é interessante adotar o tempo de projeto do elemento de menor vida útil no qual seria o pavimento.

3.4.2 Dimensionamentos dos Pavimentos

No dimensionamento de cada pavimento, foi levado em consideração fatores fundamentais os quais são: o tráfego no qual o pavimento será submetido, as propriedades dos materiais constituintes das camadas do pavimento e do seu revestimento, características do solo de fundação e por fim o roteiro de cálculo a ser considerado no dimensionamento de cada pavimento.

3.4.2.1 Dimensionamento de Pavimento Flexível e determinação do número “N”

No dimensionamento de pavimentos flexíveis existem inúmeros métodos, entre eles, pode-se citar o método do DNIT no qual será utilizado para o dimensionamento do pavimento flexível, que é baseado no índice de grupo, CBR e no estudo de tráfego da via (DNIT,2006).

O número “N”, que é fundamental para o dimensionamento, é definido pela quantidade de repetições de um eixo padrão de 8,2 t (18.000lb ou 80 kN), em um determinado período de vida útil do projeto (SENÇO, 2007). Segue abaixo a equação no qual calcula o número “N”:

$$N = 365 \times P \times VMD \times FV \times FR \quad (\text{Eq. 01})$$

Onde:

N - Número equivalente de operações de eixo padrão no período de projeto.

P - Vida útil de projeto em anos;

VMD - Volume médio diário de trafego durante o ano;

FV - Fator de veículo;

FR - Fator climático regional relacionado ao regime de chuvas local.

Logo, para a determinação do valor do número N, é necessário se calcular as variáveis que o compõe.

Para se calcular o VMD torna-se necessário obter a taxa de crescimento de tráfego para o período de projeto, no qual deve-se observar o crescimento histórico do tráfego na via a ser pavimentada (DNIT, 2006).

A equação 02, mostra como obter o VMD.

$$VMD = \frac{V_1 + V_p}{2} \quad (\text{Eq. 02})$$

Sendo:

V_1 - tráfego no primeiro ano do período de projeto, no sentido mais solicitado, determinado através da equação 03.

V_p : tráfego no mesmo sentido de V_1 , no último ano do período de projeto, determinado pela equação 04.

$$V_1 = V_0 \times \left(1 + \left(p \times \frac{t}{100} \right) \right) \quad (\text{Eq. 03})$$

$$V_p = V_1 \left(1 + \frac{t}{100} \times P \right) \quad (\text{Eq. 04})$$

Sendo:

V_0 : tráfego diário médio no período de estudos e de construção, determinado pela equação 5.

p : número de anos necessário à execução das obras

t : taxa de crescimento linear do tráfego, em porcentagem ao ano.

$$V_0 = \frac{TMD \times D}{100} \quad (\text{Eq. 05})$$

Sendo:

TMD: tráfego médio diário, obtido através da soma de todos os veículos;

D: porcentagem do tráfego no sentido mais solicitado;

É necessário também obter o valor do fator de veículo (FV), o cálculo do FV depende ainda do produto dos valores de FC (fator de carga) e FE (fator de eixo), como mostra a equação 06.

$$FV = FC \times FE \quad (\text{Eq. 06})$$

Para a determinação do FE é necessário conhecer a quantidade de veículos com quantidades específicas de eixos, como mostra a equação 07.

$$FE = \left(\frac{p2}{100}\right) \times 2 + \left(\frac{p3}{100}\right) \times 3 + \dots + \left(\frac{pn}{100}\right) \times n \quad (\text{Eq. 07})$$

Sendo:

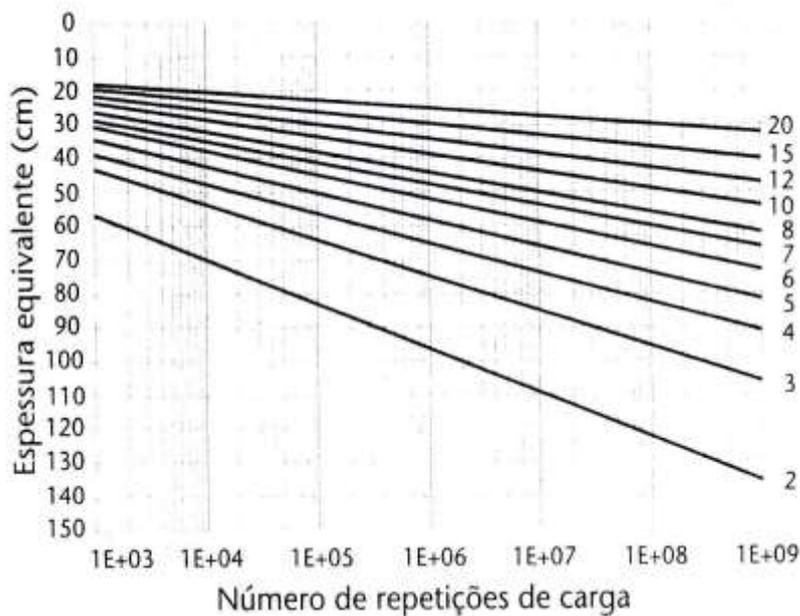
p2: porcentagem de veículos de 2 eixos;

p3: porcentagem de veículos de 3 eixos;

pn: porcentagem de veículos de n eixos.

Através do ábaco de dimensionamento, mostrado na figura 21, e do Índice de Suporte do solo, foi possível dimensionar a espessura das camadas.

Figura 21: Ábaco para dimensionamento de pavimento flexível do DNER



Fonte: Balbo, 2007.

As camadas a serem determinadas pelo ábaco são o revestimento, a base, a sub-base e o reforço, representadas pelas nomenclaturas R, B, h20 e hn, respectivamente, tem-se também os coeficientes de equivalência estrutural de revestimento, base, sub-base e reforço são KR, KB, Ks e Kn, respectivamente. Conforme mostra a figura 22, 23 e 24.

Figura 22: Princípio de solução das espessuras das camadas com base no valor de CBR

$$R \times Kr + B \times Kb \geq H20$$

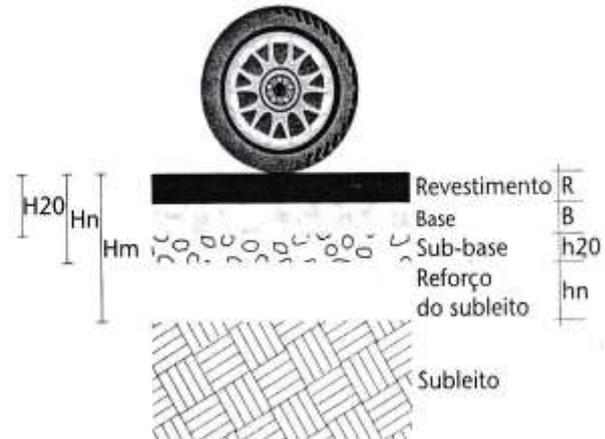
$$R \times Kr + B \times Kb + h20 \times Ks \geq Hn$$

$$R \times Kr + B \times Kb + h20 \times Ks + hn \times Kn \geq Hm$$

Restrições estruturais:

CBR da base $\geq 80\%$

CBR da sub-base $\geq 20\%$



Fonte: Balbo, 2007.

Figura 23: Coeficientes de equivalência estrutural dos materiais

TIPO DE MATERIAL	COEFICIENTE DE EQUIVALÊNCIA ESTRUTURAL (K)
Base ou revestimento de concreto asfáltico	2,0
Base ou revestimento pré-misturado a quente de graduação densa	1,7
Base ou revestimento pré-misturado a frio de graduação densa	1,4
Base ou revestimento asfáltico por penetração	1,2
Camadas granulares	1,0
Solo-cimento com resistência aos 7 dias superior a 4,5 MPa (compressão)	1,7
Solo-cimento com resistência aos 7 dias entre 2,8 e 4,5 MPa (compressão)	1,4
Solo-cimento com resistência aos 7 dias entre 2,1 e 2,8 MPa (compressão)	1,2
Bases de solo-cal	1,2

Fonte: Balbo, 2007.

Figura 24: Espessuras mínimas de revestimentos asfálticos

N (REPETIÇÕES DO ESRD DE 80 kN)	TIPO DE REVESTIMENTO	ESPESSURA (mm)
$\leq 10^6$	Tratamentos superficiais	15 a 30
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	CA, PMQ, PMF	50
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto asfáltico	75
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto asfáltico	100
$N > 5 \times 10^7$	Concreto asfáltico	125

Legenda:

CA - Concreto asfáltico;

PMQ - Pré Misturado a Quente;

PMF - Pré Misturado a Frio

Fonte: Balbo, 2007.

São utilizados ábacos nos quais são feitas as análises de fadiga e de erosão, nos quais são diferentes se existe ou não acostamento ou barras de transferência.

3.5 Procedimentos utilizados pela Prefeitura Municipal para recuperação do pavimento

Informações sobre os procedimentos e métodos adotados para a recuperação e manutenções dos pavimentos das estações de ônibus da avenida em estudo serão obtidas pelo fornecimento de informação da Prefeitura Municipal de Palmas-TO.

3.6 Projeto de acessibilidade universal

As estações de ônibus e os veículos de transporte coletivo devem atender aos padrões e critérios de acessibilidade referentes à comunicação e sinalização, acesso e circulação e mobilidade NBR 9050 (2015).

No projeto de acessibilidade universal, proposto para as estações de ônibus em estudo, terá como base as seguintes normas: a Norma Brasileira – ABNT NBR 1422/2011 no qual se trata as normatizações de acessibilidade em veículos de características urbanas para o transporte coletivo de passageiros, e a Norma Brasileira ABNT NBR 9050/2015 que estabelece critérios e parâmetros técnicos a serem observados quando do projeto, construção, instalação e adaptação de edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos às condições de acessibilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterizar a estrutura do pavimento dos trechos da avenida

A solicitação do projeto do pavimento dos trechos em estudo da Avenida Joaquim Teotônio Segurado na secretaria de infraestrutura da prefeitura municipal não procedeu devido não existir mais os projetos, com isso foi necessário obter as informações da estrutura do pavimento por meio de profissionais da área da engenharia civil que realizaram a recuperação do pavimento.

O pavimento do trecho da estação de ônibus Xambioá que foi a referência para a realização dos projetos tem como estrutura um pavimento flexível com 20cm de sub-base, 20cm de base e revestimento TSD. Estas informações foram obtidas por profissionais da secretaria de infraestrutura ao observarem o pavimento quando estavam realizando o procedimento de recuperação.

4.2 Verificar a acessibilidade nas estações de ônibus

Ao realizar visitas nas estações de ônibus em estudo foram constatadas ausência de vários elementos de acessibilidade universal, no qual foi feito um *check list* de todos os itens observados em cada estação, como mostra a figura abaixo.

Figura 26: Check List da acessibilidade nas estações de ônibus

Itens Observados	Estação Apinajé	Estação Xambioá	Estação Krahô
<i>Piso tátil na estação de ônibus</i>	Não	Possui em certa parte	Não
<i>Piso tátil auxiliando a travessia</i>	Não	Não	Não
<i>Calçadas</i>	Sim	Sim	Não
<i>Rampas para acesso ao ônibus</i>	Não	Possui em certa parte	Não
<i>Rampas para a travessia</i>	Sim	Sim	Não
<i>Faixa de pedestre</i>	Não	Sim	Não

Fonte: Autor, 2016.

Podemos observar que as estações de ônibus não estão adequadas a todos os requisitos de acessibilidade conforme estabelece a NBR 9050, no qual a estação Krahô foi a que apresentou a maior ausência dos itens listados, já por outro lado a estação Xambioá foi a que apresentou a menor ausência dos itens listados.

A figura 27 mostra a situação atual de cada estação com relação ao piso tátil, no qual apenas a estação Xambioá possui piso tátil mais não em toda a sua extensão.

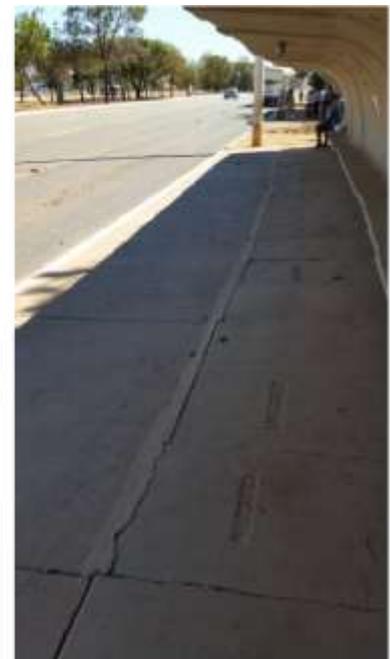
Figura 27: Situação Atual das estações de ônibus no quesito Piso Tátil



Estação Apinajé



Estação Xambioá



Estação Krahô

Fonte: Autor, 2016.

No que se refere a faixa de pedestre para a travessia dos usuários do transporte público podemos dizer que apenas a estação Xambioá possui faixa de pedestre com sinalização, apesar de ser construída recentemente não possui piso tátil para auxiliar a travessia, já a estação Apinajé por ser apenas de um lado da avenida não possui sinalização nenhuma de faixa para a travessia das entradas de estacionamento presentes em sua extensão, e na estação Krahô não possui faixa de pedestre próximo à estação. A figura 28 demonstra a atual situação das faixas de pedestres.

Figura 28: Situação Atual das estações de ônibus no quesito faixa de pedestre e rampas



Estação Apinajé



Estação Xambioá



Estação Krahô

Fonte: Autor, 2016.

Foi identificado a ausência de calçada na estação Krahô, no qual liga as paradas de ônibus da mesma estação, prejudica o deslocamento dos usuários, como mostra a figura 29.

Figura 29: Ausência de calçada na estação Krahô



Fonte: Autor, 2016.

Observou-se a ausência de rampas nas três estações de ônibus no qual a calçada estava no nível do meio fio a 15cm do pavimento, devido a isso o acesso de pessoas com deficiência física se torna difícil, pois o desnível da plataforma com o ônibus é muito grade. Apenas a estação Xambioá que possui rampas na calçada fazendo que a plataforma da estação fique no nível do piso do ônibus, a figura 30 mostra o nível das plataformas das estações de ônibus.

Figura 30: Ausência de rampas para acesso ao ônibus nas estações



Fonte: Autor, 2016.

4.3 Propor projeto de Acessibilidade Universal para as Estações de ônibus

Devido à ausência de calçada, piso tátil, rampas e placas torna-se necessário a elaboração de um projeto de Acessibilidade Universal para as estações de ônibus não só da Avenida Joaquim Teotônio Segurado mais de todas as estações. Para a elaboração desses projetos será adotado como referência a estação de ônibus Xambioá no qual será adotado todas as exigências da NBR 9050/2015.

O projeto de Acessibilidade Universal deve conter calçada com o piso tátil em toda a extensão, inclusive nas travessias da faixa de pedestre, além de rampas obedecendo os critérios de inclinação máxima e de dimensões mínimas. Como mostra a figura 31 e 32.

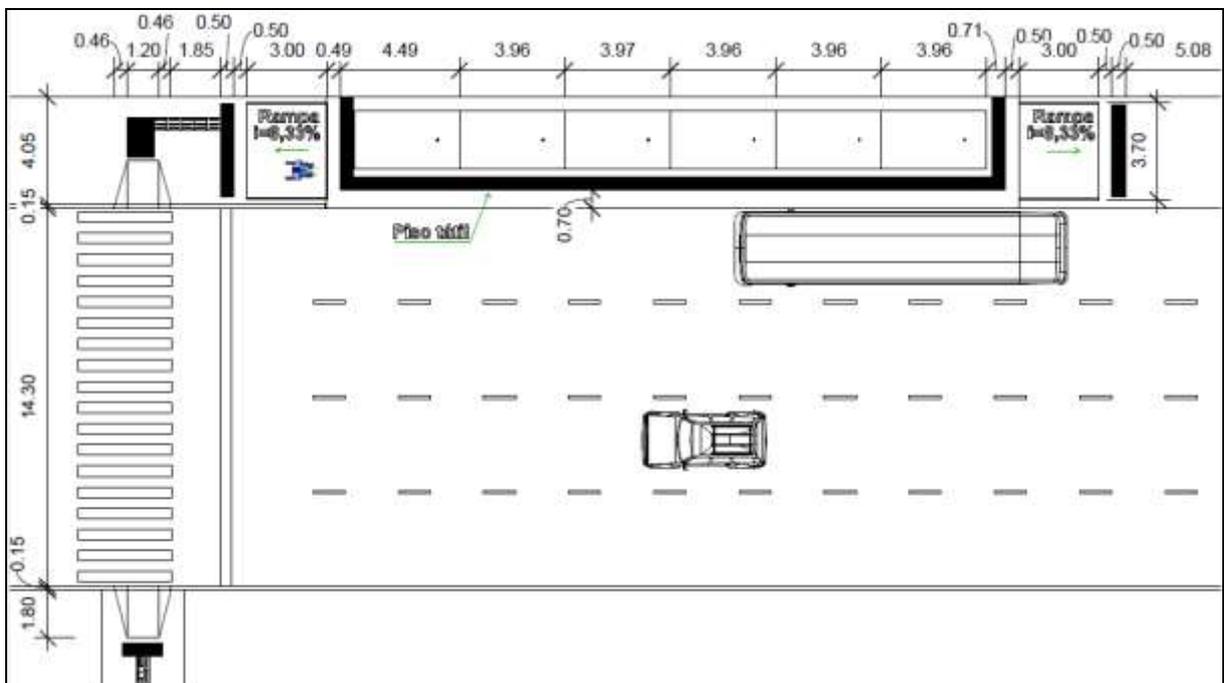
Está em anexo o projeto completo de acessibilidade universal proposto para a estação de ônibus Xambioá. Como mostra a figura 31.

Figura 31: Maquete eletrônica da estação de ônibus



Fonte: Autor, 2016.

Figura 32: Planta baixa do projeto de acessibilidade



Fonte: Autor, 2016.

4.4 Identificação das principais patologias existentes nas estações de ônibus

Para o levantamento das manifestações patológicas no pavimento das estações de ônibus em estudo, tornou-se necessário a visita nas estações de ônibus para identificar as manifestações patológicas por meio de um *check list*, observou-se a presença de algumas manifestações patológicas, fato surpreendente, pois levando em consideração que em março de 2016 foi realizado a recuperação do pavimento e que seis meses depois já apareceram manifestações de patologias.

Para a elaboração desse *check list*, foi utilizado fotografias de antes da recuperação do pavimento, e após a recuperação. Como mostra a figura 33:

Figura 33: Check list das manifestações patológicas nas estações de ônibus

Manifestações Patológicas Observadas	Estação Apinajé	Estação Xambioá	Estação Krahô
Fissura	Sim	Sim	Sim
Trincas isoladas	Não	Não	Sim
Trincas interligadas	Sim	Sim	Sim
Afundamento	Não	Não	Sim
Ondulação ou Corrugação	Não	Sim	Sim
Escorregamento	Não	Não	Sim
Exsudação	Não	Não	Não
Desgaste	Sim	Sim	Não
Panela ou buraco	Não	Sim	Sim
Remendo	Sim	Sim	Sim

Fonte: Autor, 2016.

4.4.1 Estação Apinajé

A estação Apinajé uma das estações que possuem um grande fluxo de ônibus, pois está localizada no centro da cidade, não apresentou muitas manifestações patológicas, porem no trecho da entrada da estação localizada na Avenida LO 4, local onde todos os ônibus passam por lá para entrar na estação, foi constada diversas manifestações patológicas provenientes do intenso trafego de ônibus como mostra a figura 34.

Figura 34: Manifestações patológicas na Avenida LO 4.



Fonte: Autor, 2016.

Foi identificado no corredor do ônibus dessa estação manifestações patológicas como fissuras, trincas, desgaste e remendos como mostra as figuras 35, 36 e 38.

Figura 35: Trincas interligadas no pavimento da estação Apinajé



Fonte: Autor, 2016.

Figura 36: Desgaste do pavimento da estação Apinajé



Fonte: Autor, 2016.

Figura 37: Remendo no pavimento da estação Apinajé



Fonte: Autor, 2016.

4.4.2 Estação Xambioá

A estação Xambioá passou por um processo de recuperação no mês de março de 2016, onde foi necessário a remoção por completo da estrutura do pavimento do corredor de ônibus, pois estava em péssimas condições. As manifestações patológicas encontradas foram painéis, desgaste e remendos como mostra a figura 38 e 39.

Figura 38: Painéis no pavimento da estação Xambioá



Fonte: Autor, 2016.

Figura 39: Desgaste (2) e panelas (1) no pavimento da estação Xambioá



Fonte: Autor, 2016.

Do outro lado da mesma estação foi observado outros tipos de manifestações patológicas tais como trincas interligadas, ondulações e panelas, como mostradas nas figuras 40 e 41.

Figura 40: (A) trincas interligadas e (B) ondulações no pavimento da estação Xambioá



(A)

(B)

Fonte: Autor, 2016.

Figura 41: Panelas no pavimento da estação Xambioá



Fonte: Autor, 2016.

4.4.3 Estação Krahô

A estação Krahô também passou por um processo de recuperação, mais não foi removido a estrutura do antigo pavimento, apenas tamparam os buracos. Foram encontradas diversas manifestações patológicas tais como afundamento, trincas interligadas e remendos como mostra a figura 42 e 43.

Figura 42: Afundamento do trilho de roda no remendo pavimento da estação krahô



Fonte: Autor, 2016.

Figura 43: Trincas interligadas no pavimento da estação Krahô



Fonte: Autor, 2016.

Nas figuras abaixo foi possível encontrar diversas manifestações patológicas nos quais se destacam as ondulações no qual o pavimento sobrepôs a calçada, o desgaste e a presença de diversas trincas e panelas no qual estão preenchidas de água da chuva. Representadas nas figuras 44 e 45.

Figura 44: Ondulação e panelas no pavimento da estação Krahô



Fonte: Autor, 2016.

Figura 45: Desgaste do pavimento da estação Krahô



Fonte: Autor, 2016.

4.5 Procedimentos de reparos realizados pela prefeitura municipal

Ao buscar informações na Prefeitura Municipal a respeito dos procedimentos para recuperação do pavimento da estação Xambioá e das demais estações, foi informado que por não existir o projeto do pavimento, a recuperação deste foi realizado de forma empírica, no qual os procedimentos realizados foram a remoção da estrutura de 20 cm de altura da sub-base, 20cm de altura da base e retirado o revestimento TSD, apenas da faixa do corredor do ônibus, aplicando uma base e sub-base de solo-cimento de 40cm de altura e por fim a aplicação de um revestimento de CBUQ.

4.5.1 Caracterização de solo (ISC)

O ensaio do Índice de Suporte Califórnia foi realizado como descrito no tópico 3.4, conforme a norma DNIT 172/2016 prescreve os procedimentos e os cálculos necessários à correta obtenção dos resultados, segue em anexo ao final do trabalho

os laudos do ensaio com os resultados obtidos, no qual o CBR adotado para projeto foi de 16%, calculado pela média dos valores de ISC do molde 20, como mostra a figura abaixo:

Figura 46: Resultados do ensaio de ISC

Tempo Min.	Penetração		Pressão Padrão	Molde Leitura	21			Molde Leitura	20			Molde Leitura	25		
	mm	Pol.			Pressão Kg/m ²	ISC	Leitura		Pressão Kg/m ²	ISC	Leitura		Pressão Kg/m ²	ISC	
-	-	-	-	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%	mm	Calcul.	Corrig.	%
0,5	0,63	0,025	-	30	3,15			40	4,2			20	2,1		
1,0	1,27	0,050	-	50	5,24			70	7,3			35	3,7		
1,5	1,90	0,075	-	70	7,34			90	9,4			50	5,2		
2,0	2,54	0,100	70,31	95	9,96	10,0	14,2	115	12,1	12,1	17,1	65	6,8	6,8	9,7
3,0	3,81	0,150	-	110	11,53			130	13,6			75	7,9		
4,0	5,08	0,200	105,46	130	13,63	13,6	12,9	150	15,7	15,7	14,9	80	8,4	8,4	8,0
6,0	7,62	0,300	-	170	17,82			170	17,8			90	9,4		
8,0	10,16	0,400	-												
10,0	12,70	0,500	-												

Fonte: Autor, 2016.

4.5.2 Levantamento do tráfego

De início essa informação referente ao tráfego seria obtida pelo projeto já existente do pavimento da Avenida Joaquim Teotônio Segurado disponibilizado pela prefeitura municipal, no entanto os projetos solicitados não existem, com isso tornou necessário a obtenção do levantamento do tráfego, no qual foi procurado a SERTUB e a Secretaria de Transporte e Urbanismo solicitando tais informações no qual não obteve resposta da SERTUB e um prazo muito longo pela secretaria, segue em anexo o documento no qual foi enviado com a solicitação.

A forma mais rápida para a obtenção desse levantamento do tráfego foi o levantamento em campo, com a contagem de veículos que trafegaram no trecho em estudo (corredor do ônibus da Avenida Joaquim Teotônio Segurado) nos horários de pico e horários intermediários, obtendo assim de forma amostral o volume médio diário VMD que será utilizado no cálculo do número "N".

Os horários no qual foi feito o levantamento do tráfego estão representados na figura 47, e a tabela 1 mostra a quantidade de veículos que trafegaram em horários distintos. Este levantamento ocorreu em dois dias da semana, na segunda dia 19 de setembro e na terça dia 20 de setembro de 2016.

Figura 47: Horários do levantamento do tráfego

Horários	Períodos		
Pico	06:30 as 07:30	11:30 as 12:30	17:30 as 18:30
Intermediário	07:30 as 08:30	12:30 as 13:30	18:30 as 19:30

Fonte: Autor, 2016.

Tabela 1: Quantidade de veículos por horários

Estação Xambioá				
Horários	Quantidade de veículos			
	Ônibus	micro-ônibus	carros	motos
00:00 as 00:30	0	0	0	0
00:30 as 01:30	0	0	0	0
01:30 as 02:30	0	0	0	0
02:30 as 03:30	0	0	0	0
03:30 as 04:30	0	0	0	0
04:30 as 05:30	35	3	6	9
05:30 as 06:30	35	3	6	9
06:30 as 07:30	68	3	11	7
07:30 as 08:30	35	3	6	9
08:30 as 09:30	35	3	6	9
09:30 as 10:30	35	3	6	9
10:30 as 11:30	35	3	6	9
11:30 as 12:30	36	8	20	8
12:30 as 13:30	28	5	14	10
13:30 as 14:30	28	5	14	10
14:30 as 15:30	28	5	14	10
15:30 as 16:30	28	5	14	10
16:30 as 17:30	28	5	14	10
17:30 as 18:30	64	4	18	22
18:30 as 19:30	30	3	10	11
19:30 as 20:30	30	3	10	11
20:30 as 21:30	30	3	10	11
21:30 as 22:30	30	3	10	11
22:30 as 23:30	30	3	10	11
23:30 as 00:00	15	1	5	5
Total	683	74	210	201

Fonte: Autor, 2016.

Logo temos o tráfego médio diário de 967veiculos/dia no qual foi somado todos os veículos, desconsiderando apenas as motos.

4.5.3 Dimensionamento do pavimento flexível

Primeiramente se calcula o V_0 , através da equação 5, considerando TMD igual a 968 e D igual a 60%, dessa forma é encontrado V_0 igual a 580,8, considerado para demais cálculos como 581.

Com o valor de V_0 é possível calcular o valor de V_1 , adotando p igual a 1 ano e t igual a 5,0%, dessa forma através da equação 3 é possível determinar V_1 igual a 610,05, considerado para efeitos de cálculo igual a 610.

Com estes valores e tendo o tempo de projeto considerado em 15 anos é possível calcular V_p através da equação 04, encontrando assim o valor de 1067,5, considerado para efeitos de cálculo igual a 1068.

Com os resultados das equações 03 e 04, é possível determinar o VMD através da equação 02, a qual resulta em 839 veículos/dia.

É possível se determinar o valor de FC através da tabela abaixo, no qual se obteve os valores do fator de equivalência de operação no ábaco representado na figura 48.

Tabela 2: Cálculo do F.V.

Tipo de Veículo	FATOR EQUIVALENTE DE OPERAÇÃO				Nº DE VEÍC. (QUANT.)	PORCENTAGEM (%)	F.V.
	ESRS	ESRD	ETD	ETT			
1ESRS+1ESRD	0,25	3	0	0	757	78,28	2,54
1ESRS+1ESRS	0,25X2	0	0	0	210	21,72	0,11
				TOTAL:	967	100,00	2,65

Fonte: Autor, 2016.

Figura 48: Ábaco do fator equivalente de operação pela carga por eixo (tf).



Fonte: Autor, 2016.

Para a determinação do FE é necessário conhecer a quantidade de veículos com quantidades específicas de eixos (DNIT, 2006). Neste caso não houve veículos diferentes de dois eixos, portanto o fator de eixo é igual a 2.

Considerando os valores de FC e FE na equação 06, determina-se a o FV (fator de veículo), igual a 4,65.

A determinação do fator de chuva FR depende altura média anual de chuva em milímetros, que para a cidade de Palmas-TO, é de 1760 mm por ano, dessa forma segundo o Manual de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis do DNIT (2006), o FR é para o referido município igual a 1,8.

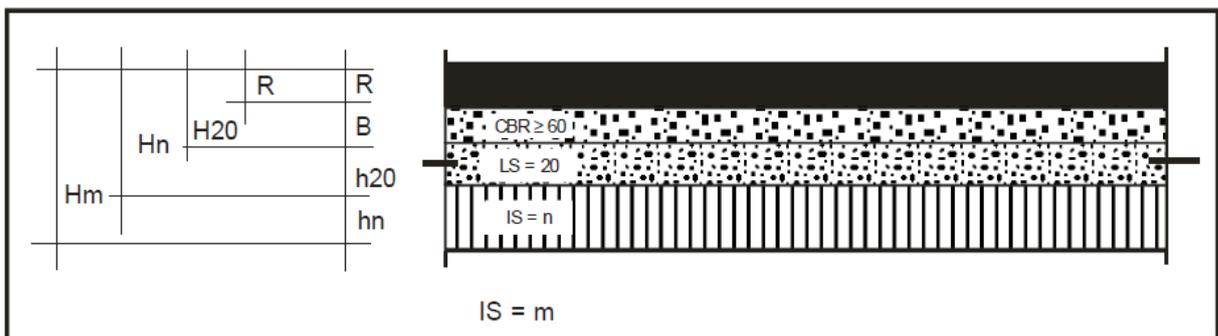
Com todas as variáveis pertinentes a determinação do N encontradas é possível afirmar que o número de repetições de um eixo padrão durante o período de 10 anos é $2,56 \times 10^7$ operações.

Após calcular o número N, é possível determinar a espessura do revestimento conforme mostra a figura 08, obtendo assim o mínimo de 10cm de concreto betuminoso para revestimento.

Com o valor do número N e o CBR relacionada a cada camada foi possível determinar as camadas de base, sub-base e reforço do subleito do pavimento, por meio da equação 11, no qual as camadas a serem dimensionadas estão representadas na figura 49.

$$H_t = 77,67 \cdot N^{0,0482} \cdot \text{CBR}^{-0,598} \quad (\text{Eq. 11})$$

Figura 49: Camadas do pavimento flexível a serem dimensionadas



Fonte: Autor, 2016.

Para o cálculo do H20 foi utilizado um CBR de 20%, no cálculo Hn foi utilizado um CBR de 16 referente ao subleito. Obteve os valores H20=29,47cm, Hn=33,67cm.

Os coeficientes de equivalência estrutural de revestimento, base, sub-base e reforço são KR, KB e KS respectivamente. Para KR adota valor igual a 2, para base ou revestimento de concreto betuminoso, já os demais foram adotados igual a 1 pois são matérias granulares, no qual são identificados na figura17. Com isso pode-se calcular as inequações utilizando as equações 12, 13 e 14, conforme descritas abaixo:

$$R \times K_R + B \times K_B \geq H_{20} \quad (\text{Eq. 12})$$

$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S \geq H_n \quad (\text{Eq. 13})$$

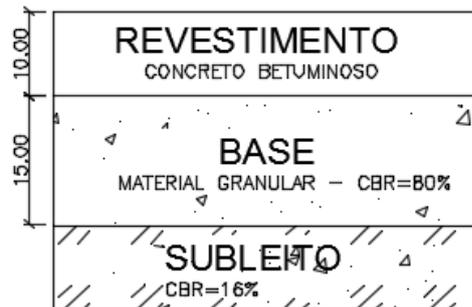
$$R \times K_R + B \times K_B + h_{20} \times K_S + h_n \times K_{REF} \geq H_m \quad (\text{Eq. 14})$$

Resolvendo estas inequações utilizando os coeficientes de equivalência estrutural e os valores das alturas de H20=29,47cm, Hn=33,67cm. Obteve os valores

referentes a espessuras de cada camada: $h_{20base}=9,47$ logo adota-se 15cm, pois é a espessura mínima permitida, $h_{20sub-base}= zero$, logo podemos concluir que não a necessidade de sub-base e nem de reforço do subleito.

Por fim temos que o pavimento é composto por 10cm de revestimento de concreto betuminoso e de 15cm de base no qual é composto por material granular de CBR maior ou igual a 80%. Como podemos observar a figura 44.

Figura 50: Estrutura do pavimento flexível dimensionado



Fonte: Autor, 2016.

4.5.4 Dimensionamento do pavimento rígido

É necessário calcular o volume total (V_t) de tráfego no período de projeto P é determinado através da equação 15.

$$V_t = 365 \times P \times V_m \quad (\text{Eq. 15})$$

Onde:

P - período de projeto ou vida útil em anos, igual a 20 anos;

V_m - volume médio diário de tráfego no sentido mais solicitado, no ano médio do período de projeto, igual 967.

Dessa forma encontra-se o valor de V_t igual a 7,06E6 para eixo simples de 6tf e 5,53E6 para eixo simples de 10tf.

No dimensionamento foi utilizado o preenchimento da tabela fornecida pelo DNIT, no qual foram usados ábacos e quadros para avaliar se a espessura adotada suportaria aos efeitos de fadiga e de erosão, como mostra a figura 51.

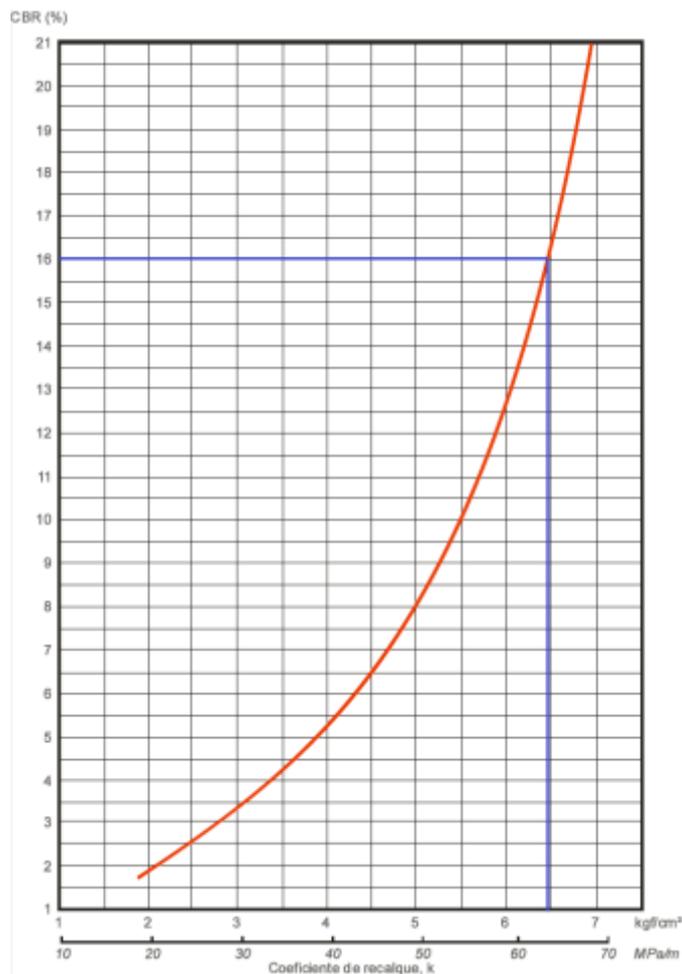
Foi utilizado o ábaco onde relaciona o Índice de Suporte Califórnia (CBR) e o coeficiente de recalque (k) do subleito, com este ábaco foi determinado o coeficiente K , onde se usou o CBR do subleito de 16%, como mostra a figura 52.

Figura 51: Quadro para dimensionamento do pavimento rígido

QUADRO - CÁLCULO DA ESPESURA DE PAVIMENTO DE CONCRETO						
Projeto: Pavimento Rígidos						
Espessura-tentativa: <u>25</u> cm			Juntas com BT: sim <input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/>			
Ksb: <u>60</u> Mpa/m			Acostamento de concreto: sim <input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/>			
Resistencia característica à tração na flexão <u>4,5</u> Mpa			Periodo de projeto <u>20</u> anos			
Fator de segurança de cargas, Fsc: <u>1,1</u>			Sub-base solo granular 15cm			
CÁLCULO DE EIXOS TOTAIS POR CLASSE DE CARGA						
Cargas por eixo (tf)	Cargas por eixo x Fsc (tf)	Nº de repetições previstas	ANÁLISE DE FADIGA		ANÁLISE DE EROSIÃO	
			nº de repetições admissíveis	Consumo de Fadiga (%)	nº de repetições admissíveis	Consumo de Fadiga (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Eixos Simples		(8) Tensão equivalente: 1,26 (9) Fator da fadiga: 0,457			(10) Fator de Erosão: 2,76	
6	6,6	7059100,00	ilimitado	-	150000000,00	4,71
10	11	5526100,00	ilimitado	-	5800000,00	95,28
TOTAL				0	TOTAL	99,98

Fonte: Autor, 2016.

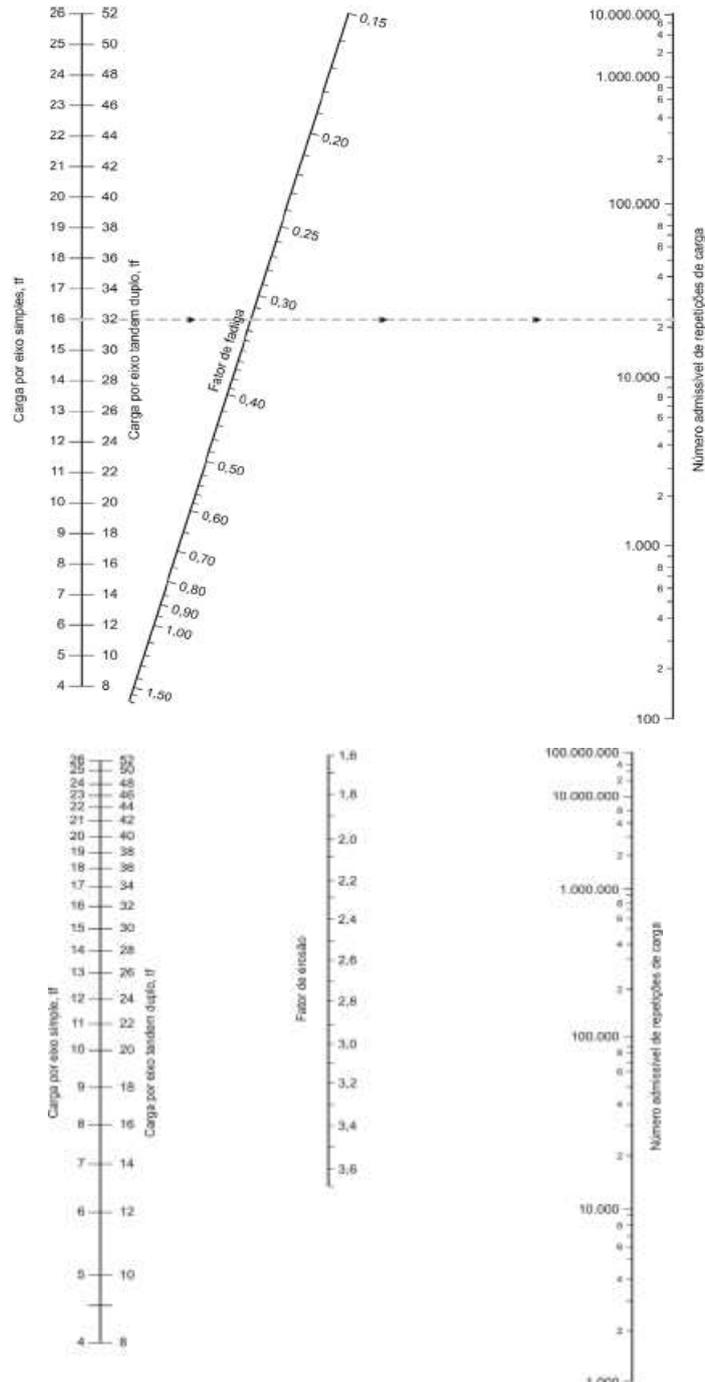
Figura 52: Ábaco para obtenção do coeficiente K



Fonte: Autor, 2016.

Na obtenção do número de repetições admissíveis foram utilizados neste caso os ábacos, como mostra a figura 53.

Figura 53: Ábacos utilizado para a determinação do número de repetições admissíveis



Fonte: Autor, 2016.

Para a obtenção da tensão equivalente e fator de erosão foram utilizados os quadros das figuras 54 e 55. No qual foi possível obter o fator de erosão dividindo-se as repetições esperadas pelas admissíveis, e multiplicam-se estas por 100;

Figura 54: Tensão Equivalente para Eixos Simples e Tandem Duplo

Espessura da Placa (cm)	k - Coeficiente de recalque (MPa/m)									
	20		40		60		80		100	
	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD
12	4,30	3,56	3,78	3,01	3,51	2,81	3,31	2,68	3,17	2,57
13	3,84	2,33	3,38	2,73	3,14	2,53	2,97	2,40	2,84	2,30
14	3,46	2,96	3,05	2,49	2,83	2,29	2,68	2,16	2,56	2,08
15	3,14	2,72	2,27	2,29	2,57	2,09	2,44	1,97	2,33	1,88
16	2,87	2,52	2,53	2,12	2,35	1,93	2,23	1,81	2,13	1,73
17	2,63	2,35	2,33	1,97	2,16	1,79	2,05	1,67	1,96	1,60
18	2,43	2,20	2,15	1,84	1,99	1,66	1,89	1,55	1,81	1,48
19	2,25	2,07	1,99	1,72	1,85	1,56	1,75	1,45	1,68	1,38
20	2,10	1,95	1,85	1,62	1,72	1,46	1,64	1,36	1,56	1,29
21	1,96	1,85	1,73	1,53	1,61	1,38	1,52	1,29	1,46	1,22
22	1,83	1,75	1,62	1,45	1,50	1,31	1,42	1,22	1,37	1,15
23	1,72	1,67	1,52	1,38	1,41	1,24	1,33	1,15	1,28	1,09
24	1,62	1,59	1,43	1,31	1,33	1,18	1,25	1,10	1,21	1,04
25	1,53	1,52	1,35	1,25	1,26	1,12	1,19	1,05	1,14	0,99
26	1,45	1,45	1,28	1,20	1,19	1,07	1,13	1,00	1,08	0,94
27	1,83	1,39	1,21	1,15	1,13	1,03	1,07	0,95	1,03	0,90
28	1,31	1,34	1,15	1,10	1,07	0,99	1,02	0,91	0,98	0,86
29	1,25	1,29	1,10	1,06	1,02	0,95	0,97	0,88	0,93	0,83
30	1,19	1,24	1,05	1,02	0,97	0,91	0,92	0,85	0,89	0,80
31	1,13	1,20	1,00	0,99	0,93	0,88	0,88	0,81	0,84	0,77
32	1,09	1,16	0,96	0,95	0,89	0,85	0,84	0,78	0,80	0,74
33	1,04	1,12	0,92	0,92	0,85	0,82	0,80	0,76	0,77	0,71
34	1,00	1,08	0,88	0,89	0,81	0,79	0,77	0,73	0,73	0,69

ES: Eixos Simples

ETD: Eixos Tandem Duplos

Fonte: DNIT, 2005

Figura 55: Fator de Erosão para Eixos Simples e Tandem Duplos

Espessura da Placa (cm)	k - Coeficiente de recalque (MPa/m)									
	20		40		60		80		100	
	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD
12	2,72	3,82	3,69	3,74	3,67	3,69	3,65	3,67	3,64	3,65
13	3,62	3,75	3,59	3,66	3,57	3,61	3,55	3,59	3,54	3,57
14	3,53	3,68	3,50	3,59	3,48	3,53	3,46	3,51	3,45	3,49
15	3,45	3,61	3,41	3,52	3,39	3,46	3,37	3,44	3,36	3,42
16	3,37	3,55	3,33	3,46	3,31	3,40	3,29	3,37	3,28	3,35
17	3,30	3,50	3,26	3,40	3,23	3,34	3,21	3,31	3,20	3,29
18	3,23	3,44	3,18	3,34	3,16	3,28	3,14	3,25	3,13	3,23
19	3,17	3,39	3,12	3,29	3,09	3,23	3,07	3,19	3,06	3,17
20	3,11	3,35	3,05	3,24	3,03	3,17	3,01	3,14	3,00	3,12
21	3,05	3,30	2,99	3,19	2,97	3,13	2,95	3,09	2,94	3,07
22	3,00	3,26	2,94	3,15	2,91	3,08	2,89	3,04	2,88	3,02
23	2,94	3,22	2,88	3,11	2,85	3,03	2,83	2,99	2,82	2,97
24	2,90	3,18	2,84	3,07	2,80	2,99	2,78	2,95	2,77	2,93
25	2,86	3,14	2,78	3,03	2,76	2,96	2,73	2,91	2,72	2,89
26	2,81	3,11	2,75	2,99	2,71	2,92	2,69	2,88	2,68	2,86
27	2,77	3,08	2,70	2,96	2,67	2,89	2,64	2,84	2,63	2,82
28	2,73	3,05	2,66	2,93	2,62	2,85	2,60	2,81	2,59	2,79
29	2,70	3,02	2,62	2,90	2,58	2,82	2,56	2,78	2,55	2,75
30	2,66	2,99	2,59	2,86	2,54	2,79	2,51	2,75	2,50	2,72
31	2,63	2,96	2,55	2,83	2,50	2,76	2,48	2,72	2,47	2,69
32	2,59	2,93	2,51	2,81	2,47	2,73	2,44	2,69	2,43	2,66
33	2,56	2,90	2,48	2,78	2,43	2,70	2,40	2,66	2,39	2,63
34	2,53	2,88	2,45	2,75	2,40	2,67	2,37	2,63	2,36	2,60

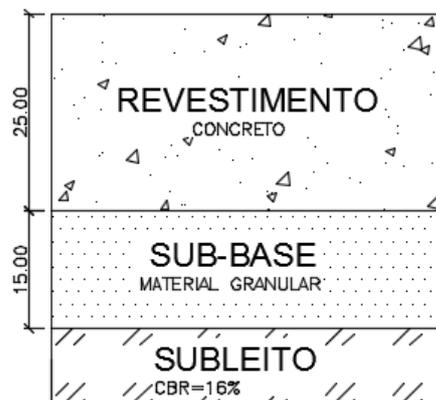
ES: Eixos Simples

ETD: Eixos Tandem Duplos

Fonte: DNIT, 2005

Por fim temos a estrutura do pavimento rígido composto por um revestimento de concreto de 25cm, sub-base de solo granular de 15cm e CBR do subleito de 16%. Como demonstra a figura 56.

Figura 56: Estrutura do pavimento rígido



Fonte: Autor, 2016.

5 CONCLUSÕES

Ao final deste trabalho, pôde ser verificado que as estações de ônibus da Avenida Joaquim Teotônio Segurado de Palmas-TO, possuem diversos problemas tanto relacionado a acessibilidade quanto a estrutura do pavimento, onde foi observado que cada estação apresentou alguns problemas distintos uma das outras.

Na estação Apinajé, o pavimento não demonstrou muitas manifestações patológicas em relação as outras estações, levando em consideração que este pavimento não passou pelo processo de recuperação realizado pela Prefeitura Municipal no primeiro trimestre do ano de 2016. Com isso conclui-se que o pavimento está adequado a solicitação do tráfego desse trecho. No que se refere a acessibilidade foi notado a ausência de piso tátil, rampas para acesso ao ônibus, sinalização de faixa de pedestre.

Já na estação Xambioá, houve a recuperação do pavimento realizado pela Prefeitura Municipal no qual foi removido por completo a faixa referente ao corredor do ônibus, e recomposta outra estrutura de maior resistência com a utilização de solo-cimento e CBUQ, pois antes dessa recuperação o pavimento se encontrava em péssimas condições de tráfego. No que se refere a acessibilidade foi a estação que mais se aproximou das exigências da NBR 9050/2015, pois possui piso tátil em algumas extensões, possui rampas para acesso ao ônibus e rampas nas calçadas da faixa de pedestre, e mesmo assim não atendeu todas as exigências.

E por fim temos a estação Krahô, que apresentou as piores condições tanto na questão da acessibilidade com na estrutura do pavimento. No que se refere a acessibilidade notou-se a ausência de faixa de pedestre, calçadas, rampas, piso tátil e sinalização, necessitando assim de um projeto de acessibilidade universal. A respeito da estrutura do pavimento, pode-se observar diversas manifestações patológicas antes dos reparos do pavimento realizado pela Prefeitura Municipal no primeiro trimestre do ano de 2016, e logo após estes reparos já foi possível identificar novas patologias, concluindo assim que o atual pavimento não está suportando os esforços do tráfego.

No que se pode observar, as três estações de ônibus não atendem todas as exigências da norma de acessibilidade universal NBR 9050/2015, tendo esta norma

como referência foi elaborado um projeto padrão no qual atende a estas exigências, proporcionando acesso e mobilidade para todos os usuários do transporte público.

Para solucionar os problemas referentes a estrutura do pavimento do corredor do ônibus, é sugerido a substituição do atual pavimento flexível por um pavimento rígido, onde foi dimensionado neste trabalho um perfil de pavimento rígido adequado para esta situação, no qual proporciona maior resistência, poucas manutenções periódicas e maior durabilidade tendo assim uma vida útil de projeto de mais de 20 anos.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se para trabalhos futuros, avaliar por meio de orçamentos a substituição do atual pavimento das estações de ônibus por um pavimento rígido ou de Inter travado. Avaliar o custo da implantação de um projeto de acessibilidade universal nas estações de ônibus.

7 REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 9050. **Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços.** Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- BALBO, J. T.. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração.** Oficina de Textos. São Paulo, 2007.
- BAPTISTA, Cyro N. **Pavimentação: tomo 1.** Ensaio fundamentais para a pavimentação – dimensionamentos dos pavimentos flexíveis. 3ª ed. Porto Alegre: Globo, 1978.
- BERNUCCI, L. B., MOTTA, L. M., CERATTI, J. A., & SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica – formação básica para engenheiros.** Imprinta (3 ed.). Rio de Janeiro, 2010.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. disponível em **DENATRAN:** <http://www.denatran.gov.br/ctb.htm>. (23 de Setembro de 1997). Acesso em: 10 de Abril de 2016,
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia.** Rio de Janeiro, 2003.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos Procedimento.** Rio de Janeiro, 2003.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Pavimento Rígidos** (2ª Edição ed.). Rio de Janeiro, 2004.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Estudos de Tráfego.** Rio de Janeiro, 2006.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Pavimentação** (3 ed.). Rio de Janeiro, 2006.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE ROLAGEM. **Método de projeto de pavimentos flexíveis.** Diretoria de Trânsito. Santa Catarina, 1981.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Pavimentos flexíveis – Recuperação de defeitos em pavimentos - Especificação de serviço.** Rio de Janeiro, 2009.
- DOMINGUES, F. A. A., **MID – Manual para identificação de defeitos de revestimentos asfálticos de pavimentos.** São Paulo, 1993.
- EMBARQ.** disponível em <http://wricidades.org/news/166-cidades-pelo-mundo-adotam-o-brt>. (07 de Novembro de 2013). Acesso em: 10 de Março de 2016

EMBARQ. disponível em <http://wricidades.org/conteudo/brtdata-atinge-400-corredores-dedicados-ao-%C3%B4nibus-no-mundo>. (01 de Agosto de 2015). Acesso em 10 de Março de 2016.

FERNANDES, I. PINHEIRO, H. C. **O desafio da acessibilidade universal para as políticas públicas contemporâneas.** Universidade Federal do Maranhão. São Luís, 2015.

GOLDNER, L. G. **Engenharia de tráfego – módulo 1.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.

MEDINA, J. D. **Mecânica dos Pavimentos.** UFRJ. Rio de Janeiro, 1997.

MELO, M. **Falta de acessibilidade dificulta vida de deficientes em Salvador,** 2012. Disponível em: < <http://atarde.uol.com.br/bahia/salvador/noticias/1259475-falta-de-acessibilidade-dificulta-vida-de-deficientes-em-salvador>>. Acessado em: 24 de abril de 2016.

OLIVEIRA, P. L. **Projeto estrutural de pavimentos rodoviários e de pisos industriais de concreto.** Tese (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

SENÇO, W. (2001). **Manual de Técnicas de Pavimentação. (1 ed., Vol. 1).** São Paulo: Pini.

SENÇO, W. d. (2007). **Manual de Técnicas de Pavimentação (2 ed.).** São Paulo: PINI.

SOUZA, M. J. **Patologias em pavimentos flexíveis.** TCC. Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004.