

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

CLEITON SILVA DE OLIVEIRA

RAFAEL RODRIGUES MOREIRA

**PAVIMENTO RÍGIDO E SUAS APLICAÇÕES – ESTUDO DE
CASO EM AVENIDAS DE ANÁPOLIS/GOIÁS**

ANÁPOLIS / GO

2021

CLEITON SILVA DE OLIVEIRA
RAFAEL RODRIGUES MOREIRA

**PAVIMENTO RÍGIDO E SUAS APLICAÇÕES – ESTUDO DE
CASO EM AVENIDAS DE ANÁPOLIS/GOÍAS**

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

ORIENTADOR: CARLOS EDUARDO FERNANDES

ANÁPOLIS / GO: 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

OLIVEIRA, CLEITON SILVA/ MOREIRA, RAFAEL RODRIGUES

Pavimento Rígido e suas Aplicações – Estudo de Caso em Avenidas de Anápolis/Goiás.

44P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2021)

TCC - UniEVANGÉLICA

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|-------------------------|----------------------|
| 1. Pavimento Rígido | 2. Mobilidade Urbana |
| 3. Corredores de Ônibus | 4. Dimensionamento |
| I. ENC/UNI | II. Bacharel |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

OLIVEIRA, Cleiton Silva; MOREIRA, Rafael Rodrigues. Pavimento Rígido e suas Aplicações – Estudo de Caso em Avenidas de Anápolis/Goiás. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 45p. 2021.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Cleiton Silva Oliveira

Rafael Rodrigues Moreira

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Pavimento Rígido e suas Aplicações – Estudo de Caso em Avenidas de Anápolis/Goiás

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2021

É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Cleiton Silva Oliveira

E-mail: jardim.cleiton@bol.com.br



Rafael Rodrigues Moreira

E-mail: mrrodrigues@hotmail.com

CLEITON SILVA DE OLIVEIRA
RAFAEL RODRIGUES MOREIRA

**PAVIMENTO RÍGIDO E SUAS APLICAÇÕES – ESTUDO DE
CASO EM AVENIDAS DE ANÁPOLIS/GOÍAS**

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

APROVADO POR:

Carlos Eduardo Fernandes

CARLOS EDUARDO FERNANDES, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(ORIENTADOR)



WANESSA MESQUITA GODOI QUARESMA, Mestra
(UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)

Glediston n. C. Júnior

GLEDISTON NEPOMUCENO COSTA JUNIOR, Mestre
(UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 07 de Maio de 2021.

Existe um dom natural que todos temos, nossas
escolhas vão dizer pra onde iremos.

Alexandre Magno Abrão

AGRADECIMENTOS

Em nossas concepções a palavra milagre está totalmente relacionada ao nosso criador. Não só no fechamento deste ciclo, mas eternamente seremos gratos à Deus, por comprovadamente e diariamente vermos milagres acontecendo em nossas trajetórias, muitos destes milagres em nossas vidas tem o seu nome, sua forma e sua posição, compondo assim nossas famílias e nossas redes de amigos.

Cleiton Silva Oliveira
Rafael Rodrigues Moreira

RESUMO

Para que uma cidade logre em promover uma mobilidade urbana adequada, a cidade deve se atentar numa série de ações, dentre elas a pavimentação e a rede de transporte público. O objetivo da presente pesquisa foi o de apresentar um estudo de caso sobre a implantação do pavimento rígido em determinados trechos nas principais avenidas da cidade de Anápolis-Goiás, demonstrando, de forma específica, assuntos referentes à pavimentação, caracterização do tráfego e do solo, dimensionamento, patologias e demais temas e fenômenos que abrangem a pavimentação. Tratou-se de um estudo de caso, apresentando uma abordagem qualitativa, de natureza exploratória, em que se buscou através de uma análise bibliográfica demonstrar informações acerca do fenômeno, com embasamento e fundamentação, tendo o problema se concentrado em evidenciar os motivos que levaram à escolha da implantação do pavimento rígido em determinados pontos nas avenidas da cidade escolhida, apresentando seus diagnósticos e descrições. Como resultado da pesquisa conclui-se que o pavimento rígido, apesar de ser um método de pavimentação mais caro, trás inúmeros benefícios quando comparados com os demais tipos de pavimentos, como maior durabilidade, qualidade, resistência e muitos outros, sendo sua utilização ideal para corredores de ônibus. Na cidade de Anápolis-Goiás, o pavimento rígido implantado, em concordância com o plano diretor vigente, trouxe inúmeros benefícios e vem apresentando bons resultados, sendo necessário a observância de manutenção para que se evite a ocorrência de patologias.

PALAVRAS-CHAVE:

Pavimento Rígido. Mobilidade Urbana. Corredores de Ônibus. Dimensionamento.

ABSTRACT

In order for a city to achieve adequate urban mobility, the city must pay attention to a series of actions, including paving and the public transport network. The aim of this research was to present a case study on the implementation of the rigid pavement in certain stretches in the main avenues of the city of Anápolis-Goiás, demonstrating, specifically, issues related to paving, characterization of traffic and soil, dimensioning, pathologies and other themes and phenomena that cover paving. This was a case study, presenting a qualitative approach, of a sloratory nature, in which it was sought through a bibliographic analysis to demonstrate information about the phenomenon, with basis and foundation, and the problem focused on evidencing the reasons that led to the choice of the implementation of the rigid pavement in certain points on the avenues of the chosen city, presenting its diagnoses and descriptions. As a result of the research it is concluded that the rigid pavement, despite being a more expensive paving method, brings numerous benefits when compared to the other types of pavements, such as greater durability, quality, resistance and many others, being its ideal use for bus runners. In the city of Anápolis-Goiás, the rigid pavement implemented, in accordance with the current master plan, has brought numerous benefits and has shown good results, being necessary the observance of maintenance to avoid the occurrence of pathologies.

KEYWORDS:

Rigid Floor. Urban mobility. Bus corridor. Sizing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Áreas de Estudo.....	15
Figura 2 – Evolução da matriz de transporte de cargas do Brasil, de 2016 para 2018, em TKUS.....	17
Figura 3 – Camadas do Pavimento Flexível.....	20
Figura 4 – Camadas do Pavimento Rígido.....	21
Figura 5 - Comparativo de distribuição de cargas entre pavimentos rígido e flexível.....	22
Figura 6 – Juntas de Dilatação.....	24
Figura 7 – Etapa de Lançamento do Concreto na Execução do Pavimento Rígido.....	31
Figura 8 – Eixos viários para intervenção.....	34
Figura 9 – Retirada do Pavimento antigo.....	35
Figura 10 – Camada de subleito utilizando cascalho graúdo espalhado com moto niveladora.....	35
Figura 11 – Compactação do subleito com rolo de pé de carneiro.....	35
Figura 12 – Umectação do solo.....	35
Figura 13 – Sub-base , sendo espalhado brita graduada.....	36
Figura 14 – Britas compactadas.....	36
Figura 15 – Adição da manta geotêxtil para impermeabilização do solo.....	37
Figura 16 – Introdução de barras de aços de transição e de ligação.....	37
Figura 17 – Fase da concretagem – emprego de cimento Portland.....	37
Figura 18 – Emprego de cimento Portland.....	37
Figura 19 - Introdução de ranhuras ao Pavimento.....	38

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
BAAN	Base Aérea de Anápolis
BRT	Bus Rapid Transit
CAP	Cimento Asfáltico de Petróleo
CBR	California Bearing Ratio
CCP	Concreto de Cimento Portland
CMTT	Companhia Municipal de Trânsito e Transporte
CNT	Confederação Nacional do Transporte
DAIA	Distrito Agroindustrial de Anápolis
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ILOS	Especialistas em Logística e Supply Chain
ISC	Índice de Suporte Califórnia
LL	Limite de Liquidez
LP	Limite de Plasticidade
N	Tráfego
PCA	Portland Cement Association
PSI	Present Serviceability Index
SEMOSUH	Secretaria Municipal de Obras, Serviços Urbanos e Habitação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 JUSTIFICATIVA	12
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.4 METODOLOGIA.....	14
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2 PAVIMENTOS	17
2.1 PAVIMENTAÇÃO	17
2.1.1 Histórico	18
2.1.2 Conceito	19
2.1.3 Classificações dos Pavimentos	20
2.1.4 Tipos de Juntas de dilatação	24
2.2 CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO E DO SOLO	25
2.2.1 Textura ou Granulometria	25
2.2.2 Umidade do Solo	26
2.2.2 Massas e métodos de resistência	26
2.2.3 Limites de Plasticidade e de Liquidez	27
2.2.4 Patologias	27
3 PAVIMENTO RÍGIDO	29
3.1 DIMENSIONAMENTO	30
3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	30
4 ESTUDO DE CASO: PAVIMENTO RÍGIDO NAS AVENIDAS DE ANÁPOLIS/GOIÁS	32
4.1 CIDADE DE ANÁPOLIS E SUA MOBILIDADE URBANA	32
4.2 IMPLANTAÇÃO DO PAVIMENTO RÍGIDO NAS AVENIDAS DE ANÁPOLIS	33
4.3 DIAGNÓSTICOS DAS OBRAS REALIZADAS	38
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

O Brasil poderia ter e usufruir de uma diversificada rede de avançados sistemas de transportes interligados entre si, podendo ser utilizados modais como o transporte aéreo, aquaviário, ferroviário e rodoviário. No entanto, devido a insuficiência de planejamento a longo prazo, o modal rodoviário, vem ocupando a posição de destaque, por ser mais viável e por não haver outras opções tão rentáveis.

Como consequência de sobrecargas em pavimentos mal dimensionados ocorre uma rápida deterioração do asfalto, surgindo ocorrências de diversas patologias, com isso a necessidade de novos métodos, experimentos, novas práticas e políticas, cada vez é mais aflorada no nosso país.

Como no Brasil os padrões rodoviários são os mais usados, uma das principais dificuldades que os motoristas enfrentam são as estradas públicas de má qualidade, é muito importante prestar atenção a essas estradas. As pessoas não esperam que as estradas estejam cheias de patologias, levando a atrasos no trânsito e acidentes complicados, mas sim pavimento pavimentos eficazes e de boa qualidade (SENÇO, 2007).

1.1 JUSTIFICATIVA

Quando o assunto é a qualidade de vida da população podem ser destacados questões como água tratada, iluminação pública, sistemas de água pluvial, redes de esgoto, sarjetas, lazer, pavimentação asfáltica, acesso à educação, segurança, dentre muitos outros que são considerados direitos e que são provenientes de verbas públicas, pagas pela própria sociedade (SANTOS, 2012).

Para a construção de vias públicas podem ser utilizadas diversos tipos de pavimentos, nos quais se destacam o pavimento rígido, ainda pouco empregada no Brasil por ter um custo inicial relativamente maior do que os demais tipos e por ter a fama de estar relacionada com tráfegos mais intensos, porém, que apresenta inúmeras vantagens em sua implementação, dentre elas a durabilidade e qualidade (RIBAS, 2017).

A presente pesquisa tratou-se de um estudo de caso sobre a implantação do pavimento rígido e suas aplicações em avenidas da cidade de Anápolis-Goiás, que segundo dados do IBGE (2018, *online*) possui uma população de 334.613 habitantes, possuindo um considerável desenvolvimento econômico em razão do Distrito Industrial (DAIA) e estando

localizada em um ponto estratégico em razão de estar entre Distrito Federal (Capital do Brasil) e Goiânia (Capital do Estado de Goiás).

O estudo de caso apresentando a relação entre o pavimento rígido e as avenidas da cidade de Anápolis demonstra grande relevância tendo em vista que foi um projeto que surgiu com o intuito de trazer melhorias para a cidade, que em razão do grande fluxo de veículos em suas principais avenidas, prioriza os modais coletivos e enfrentou problemas de deslocabilidade.

Assim, a viabilidade da pesquisa ficou evidenciada ao se tratar de um tema bastante atual, uma vez que a utilização do pavimento rígido está em ascensão no Brasil, tendo como foco abordar assuntos inerentes a esse tipo de pavimento e demonstrar como foi sua implantação nas avenidas da cidade de Anápolis, bem como de evidenciar como tem sido os resultados obtidos pós sua implantação, dando respaldo para pesquisas futuras.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Apresentar um estudo de caso sobre a implantação do pavimento rígido nas avenidas de Anápolis-Goiás.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Abordar sobre a pavimentação, a caracterização do tráfego e solo debruçando assuntos relevantes sobre o tema.
- Desenvolver uma pesquisa sobre o pavimento rígido salientando seu dimensionamento, materiais, equipamentos, procedimentos e métodos de execução.
- Desenvolver um estudo de caso observando a existência do pavimento rígido nas avenidas de Anápolis/Goiás, apresentando descrições e diagnósticos.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Quais os motivos que levaram a escolha do pavimento rígido na cidade de Anápolis-Goiás e como tem se demonstrado o cenário pós sua implantação?

1.4 METODOLOGIA

A presente pesquisa visou abordar informações acerca da implantação do pavimento rígido em determinados pontos de algumas avenidas da cidade de Anápolis e se deu em duas etapas. De modo geral, no que tange aos objetivos, tratou-se de uma pesquisa exploratória, tendo como objetivo familiarizar-se com o problema de modo a torná-lo evidente ou construir hipóteses, assumindo formas de pesquisas bibliográficas e estudos de caso, ambas pertencentes a presente pesquisa (SILVA, 2001).

Com a finalidade de proporcionar conceitos e informações sobre pavimentos em vias públicas e, especificamente, sobre o pavimento rígido, em primeiro momento o trabalho se concentrou em uma análise bibliográfica com uma abordagem qualitativa, caracterizadas por meio da elaboração de pesquisas provenientes de fontes secundárias e trabalhos já existentes como livros, revistas, normas vigentes, artigos e demais trabalhos acerca do tema proposto, proporcionando assim maior embasamento e fundamentação (SILVA, 2001).

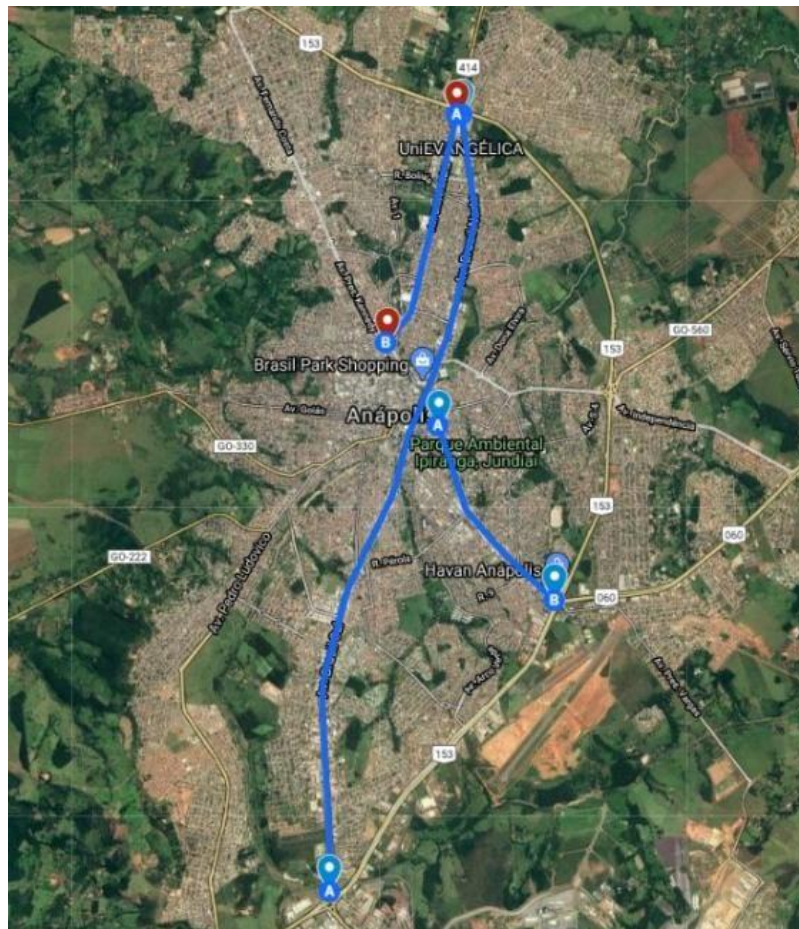
Acerca da pesquisa qualitativa, Rodrigues e Limena (2006, p. 90) trazem sua definição ao ressaltar que:

Quando não emprega procedimentos estatísticos ou não tem, como objetivo principal, abordar o problema a partir desses procedimentos. É utilizada para investigar problemas que os procedimentos estatísticos não podem alcançar ou representar, em virtude de sua complexidade. Entre esses problemas, poderemos destacar aspectos psicológicos, opiniões, comportamentos, atitudes de indivíduos ou de grupos. Por meio da abordagem qualitativa, o pesquisador tenta descrever a complexidade de uma determinada hipótese, analisar a interação entre as variáveis e ainda interpretar os dados, fatos e teorias.

Em um segundo momento, no que tange aos procedimentos técnicos, foi realizado um estudo de caso, que na visão de Yin (2010, p. 39) é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo em profundidade e em seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente evidentes.

Dessa forma, o estudo de caso foi realizado com a finalidade de obter maior conhecimento acerca da realidade específica de Anápolis por meio da análise e coleta de dados no local de estudo, é dizer, na cidade de Anápolis, precisamente nas 3 (três) principais avenidas que possuem o maior tráfego na região, quais sejam Avenida Brasil Sul e Norte, Avenida São Francisco e Avenida Universitária (Figura 01).

Figura 01 - Áreas de Estudo



Fonte: GOOGLE MAPS, 2020.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

A presente pesquisa foi estruturada em 5 (cinco) capítulos, sendo estes particularizados brevemente a seguir:

Capítulo I – Introdução: apresentou-se a justificativa para a abordagem do tema proposto, bem como os objetivos geral e específicos da pesquisa, a metodologia aplicada, o problema da pesquisa, hipóteses e a estrutura geral da monografia.

Capítulo II – Revisão Bibliográfica: Se concentrou em uma abordagem geral sobre a pavimentação e caracterização do tráfego e do solo, trazendo conceitos, classificações, histórico e caracterizações.

Capítulo III – Revisão Bibliográfica: O presente capítulo apresentou de forma mais aprofundada o pavimento rígido, abordando seu dimensionamento, materiais e equipamentos utilizados, bem como procedimentos e método de execução.

Capítulo IV – Estudo de Caso: Apresentou-se um estudo de caso no qual foi avaliado a aplicação de pavimento rígido em avenidas na Cidade de Anápolis/Goiás, apresentando descrição do local, o plano diretor do município, diagnóstico das avenidas e demais assuntos inerentes ao estudo.

Capítulo V – Conclusão: Apresentou-se os resultados da pesquisa, correlacionando o estudo de caso com os conhecimentos levantados em revisão bibliográfica, bem como algumas propostas para temas futuros de estudos relacionados à pesquisa.

2 PAVIMENTOS

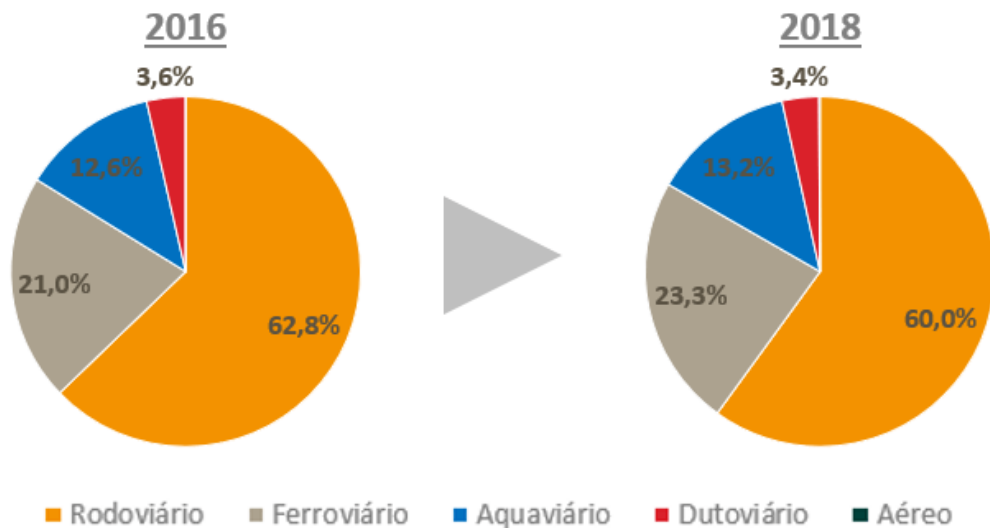
Uma das primeiras habilidades desenvolvidas pelo ser humano desde seu nascimento resulta ser a capacidade de andar, se movimentar, em que ao longo de sua evolução foram sendo implantadas ideias com os recursos disponíveis a fim de facilitar esse processo, surgindo assim os pavimentos (FARIA, 2003).

2.1 PAVIMENTAÇÃO

Dentre os modais de transporte existentes para movimentação de mercadorias e de pessoas no Brasil, o transporte rodoviário é o mais utilizado no país, correspondendo a 62,8% (sessenta e dois vírgula oito) da matriz de transporte de carga e 95% (noventa e cinco) da matriz de passageiros no ano de 2016, possuindo mais de 210 (duzentos e dez) mil quilômetros de estradas pavimentadas (CNT, 2017).

Os gráficos da Figura 02 trazidos demonstram a evolução desse cenário comparando o ano de 2016 com o ano de 2018.

Figura 02 - Evolução da matriz de transporte de cargas do Brasil, de 2016 para 2018, em TKUs.



Fonte: ILOS, 2020.

Nesse contexto em que o modal rodoviário resulta ser o modal mais utilizado no país abordar sobre a pavimentação é de extrema relevância, trazendo informações acerca da

mesma a fim de que sejam implantadas melhorias, em que se ressalta a escassez dos demais modais, que por anos não recebem investimentos do Poder Público a fim de trazer mais possibilidades de movimentação, resultando atualmente em modais caros e de mínima acessibilidade (SENÇO, 2007).

2.1.1 Histórico

Em uma análise do contexto histórico acerca da pavimentação, as primeiras estradas surgem em forma de trilhas, abrindo caminho para os pré-históricos se locomoverem no sudoeste da Ásia e repetido pelo homem do campo que buscava uma locomoção mais rápida e de fácil acesso para transporte, comércio, agricultura, dentre outros (SICRO, 2012).

Com a necessidade de se locomover através de vias mais adequadas em decorrência da substituição das carroças de tração animal em veículos de passeio e de cargas, a pavimentação passou a ser mais frequente com o objetivo de melhorar o acesso às vias cultiváveis, fontes de recursos e possibilitar a expansão territorial (SENÇO, 2008).

No Império Romano, as estradas passaram a não somente serem utilizadas para fins comerciais, senão que também enxergadas de forma estratégica para a conquista de novos territórios, sendo construídos milhares de quilômetros de estradas ligando a capital às cidades através de técnicas de povos cartagineses, fenícios, egípcios, etruscos, dentre outros, reconhecendo a época como sendo o auge da engenharia rodoviária (SICRO, 2012).

A Segunda Guerra Mundial também resultou ser um grande marco no processo de pavimentação mundial, uma vez que possibilitou um grande avanço de conhecimento através da troca de informações de engenheiros de todas as nacionalidades, tendo sido construídas pontes, pistas de pouso em aeroportos e estradas de acesso.

No Brasil, o processo de implantação de pavimentação também ocorreu aos poucos, recebendo com certo atraso os avanços que ocorriam ao redor do mundo, sendo que seu primeiro pavimento de concreto foi executado em 1926, no Caminho do Mar – que liga São Paulo a Cubatão, seguido da Travessia de São Miguel Paulista, que ligava Rio de Janeiro e São Paulo em 1932 (CARNEIRO, 2014).

Em 1950 houve um grande aumento da utilização de concreto de cimento Portland na pavimentação do Brasil, sendo utilizado tanto em vias urbanas como em rodovias, gerando uma grande retenção devido a fatores econômicos e políticos. Com a 2ª Guerra Mundial a

produção de cimento passou a ser priorizada como suprimentos de necessidades da emergente construção civil (MEDINA, 1997).

O cenário de escassez de recursos financeiros encontrados no Brasil, com a alta demanda por novas rodovias no país, a criação de novas refinarias de petróleo, em conjunto com uma extensa tecnologia de pavimentos flexíveis que estava em alta nos Estados Unidos, estimulou o emprego de pavimentos asfálticos e, como consequência, gerando resistência aos métodos alternativos de pavimentação (PITTA, 1998).

Atualmente, os pavimentos se deparam com uma série de classificações que vão de encontro com uma análise detalhada com o objetivo pretendido, devendo ser analisados orçamentos financeiros, tipos de juntas de dilatação, características do tráfego e do solo e uma série de fatores com a finalidade de se obter a melhor pavimentação com eficiência, durabilidade e custo benefício (CARNEIRO, 2014).

2.1.2 Conceito

Tem-se por pavimentos uma estrutura múltipla de camadas de certas espessuras, construída sobre uma obra de terraplanagem finalizada, tendo como função resistir aos esforços em decorrência do tráfego de veículos e ao clima, além de auxiliar na melhoria de condições para os usuários, melhoria das condições de rolamento, economia e segurança (SENÇO, 1997).

Na concepção de Bernucci *et al.*, (2008, p. 09) o conceito de pavimento é entendido por:

Uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplanagem, destinado tecnicamente a resistir aos esforços de veículos, as condições do clima e a propiciar aos usuários nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança. No âmbito geral, a rodovia pavimentada incrementa o progresso socioeconômico da região, repercutindo na positiva qualidade de vida da comunidade, na distribuição espacial da população, na qualidade de transportes coletivos entre outros itens.

Ao conceituar pavimentos como sendo uma estrutura de múltiplas camadas faz-se necessário trazer o conceito de estrutura. Nesse contexto, Motta (1995, p. 25) é um dos autores que trazem com precisão a definição de estrutura ao ressaltar que:

O sistema formado por várias partes do pavimento, constituída de um conjunto solidário que sofrerá deslocamentos e tensões como parte de resistir às cargas solicitantes pelos veículos e pelo clima. Ou seja, como qualquer outra

estrutura de engenharia civil, distribuem-se as cargas de forma compatível com a resistência de cada camada do pavimento.

Assim, os pavimentos trazem consigo a função de proporcionar uma melhoria operacional para tráfego, proporcionando melhores condições de rolamento, proporcionando uma expressiva redução nos custos operacionais e possuindo as classificações a serem mencionadas a seguir (BALBO, 2007).

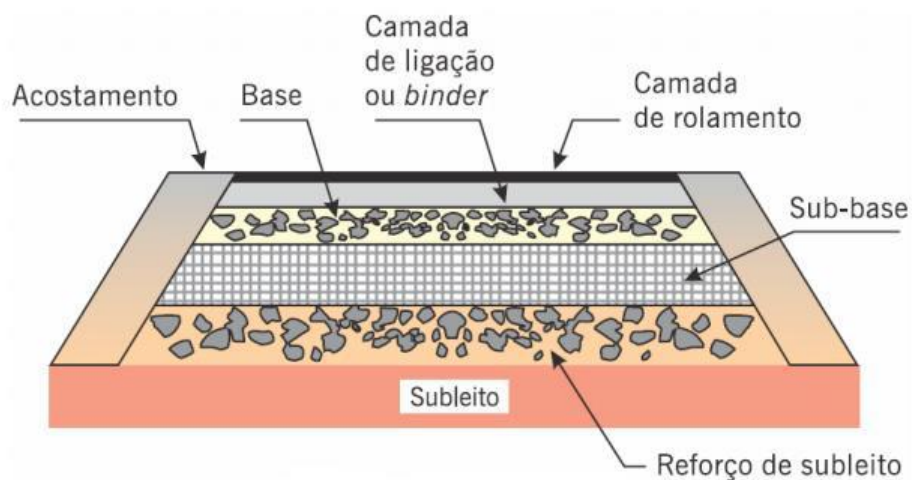
2.1.3 Classificações dos Pavimentos

Alguns autores classificam os pavimentos em 4 tipos, quais sejam os flexíveis, semi rígidos, invertidos e os rígidos. No entanto, a presente pesquisa seguirá a doutrina recente de Bernucci *et al.*, (2010, p. 57) que classifica os pavimentos em função da deformabilidade e dos materiais constituintes, os classificando tradicionalmente em dois tipos, quais sejam os flexíveis e os rígidos.

Os pavimentos flexíveis são aqueles em que o revestimento é composto de uma mistura de agregados e ligantes asfálticos, ou seja, consiste em uma estrutura estratificada composta por camada de rolamento constituída de material betuminoso e base constituída de uma ou mais camadas em que se apoiam o leito da via (SENÇO, 2007).

Suas camadas possuem uma ou mais funções específicas, podendo se adaptar as deformações ocorridas na camada base (Figura 03).

Figura 03 - Camadas do Pavimento Flexível

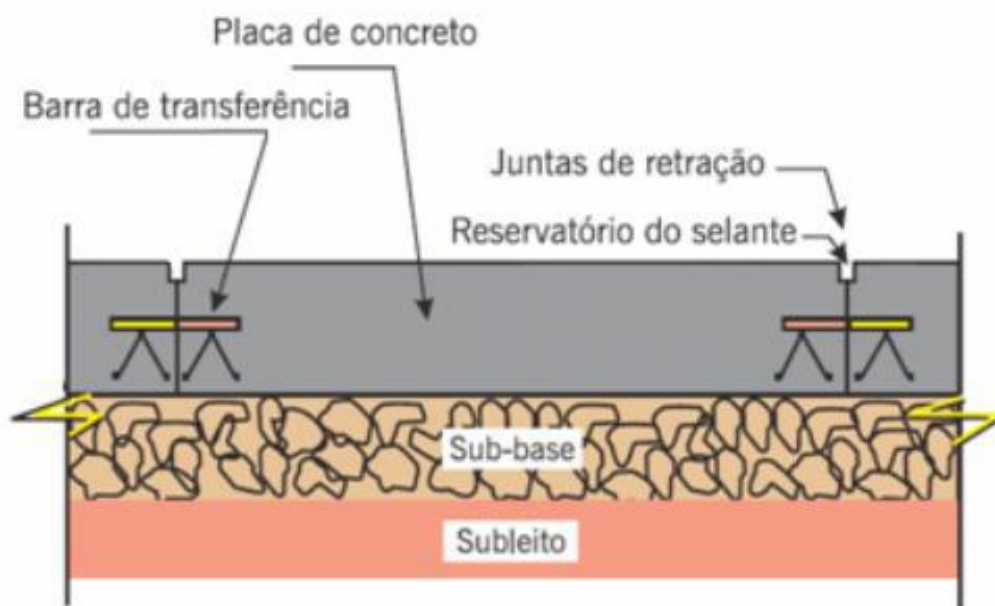


Fonte: BIANCHI, 2008.

Assim, a estrutura do pavimento flexível permite com que todas as camadas sofram deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado fazendo portanto, com que as camadas recebam cargas em parcelas aproximadas e equivalentes (BERNUCCI *et al.*, 2010).

Por sua vez, o pavimento rígido é definido por Baptista (1978, p. 45) como sendo aqueles que a espessura é determinada em função da resistência à flexão das lajes de concreto, constituídos por ligantes de cimento, na qual o concreto resulta ser uma mistura rica de cimento Portland, areia, agregado graúdo e água (Figura 04).

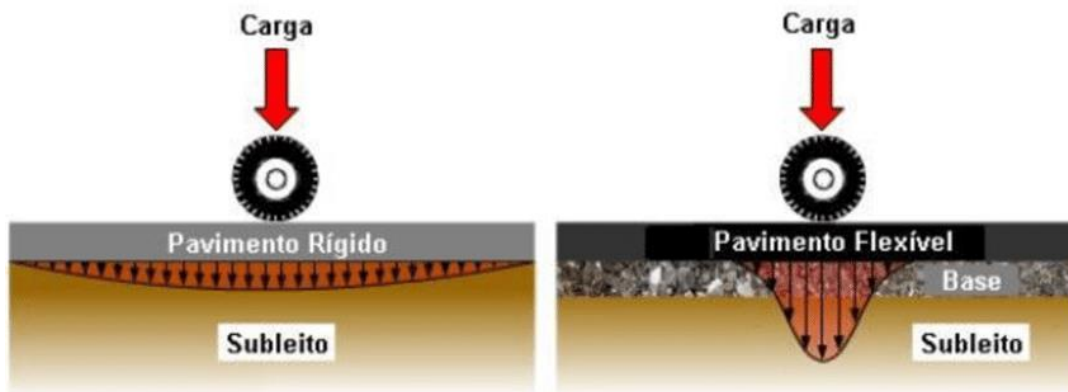
Figura 04 - Camadas do Pavimento Rígido



Fonte: BIANCHI, 2008.

Acerca do pavimento rígido, este será destrinchado no capítulo a seguir realizando posteriormente o estudo de caso na Cidade de Anápolis – Goiás. No entanto, um assunto bastante discutido e relevante para a presente pesquisa refere-se às diferenças entre os dois tipos de pavimentos, sendo a principal delas a carga a ser distribuída nas camadas (Figura 05).

Figura 05 - Comparativo de distribuição de cargas entre pavimentos rígido e flexível



Fonte: ARAÚJO, 2016.

Ao analisar a figura 05 é possível perceber que os pavimentos rígidos distribuem a carga em uma área maior, o que ocorre devido à rigidez e ao alto módulo de elasticidade, sendo mais apropriados portanto, em solos com menor resistência. O pavimento rígido também possui estruturas mais resistentes a ataques químicos quando comparado com o flexível (YODER *et al.*, 1975).

Como comparação entre os pavimentos rígidos e flexíveis, Bianchi *et. al.*, (2008) desenvolveu o Quadro 01, na qual foi adaptado pelos autores demonstrando a característica de cada um.

Quadro 01 - Comparativo entre pavimentos rígidos e flexíveis (Continua)

	PAVIMENTO RÍGIDO	PAVIMENTO FLEXÍVEL
MATERIAL	Concreto (feito de materiais locais, a mistura é feita a frio e a energia consumida é a elétrica)	Asfalto (derivado do petróleo importado, misturado normalmente a quente, consome óleo combustível e divisas)
TIPO DE ESTRUTURA	Estruturas mais delgadas de Pavimento	Estruturas mais espessas (requer maior escavação e movimento de terra) e camadas múltiplas
RESISTÊNCIA QUÍMICA	Resiste a ataques químicos (óleos, graxas e combustíveis)	É fortemente afetado por produtos químicos

Quadro 01 - Comparativo entre pavimentos rígidos e flexíveis (Conclusão)

	PAVIMENTO RÍGIDO	PAVIMENTO FLEXÍVEL
MANUTENÇÃO	Pequena necessidade de manutenção e conservação, o que mantém o fluxo de veículos sem interrupções	Necessário que se façam várias manutenções e recuperações, com prejuízos ao tráfego e custos elevados
SEGURANÇA	Falta de aderência das demarcações viárias, devido ao baixo índice de porosidade. Necessário vassouramento para aumentar atrito. Maior segurança à derrapagem em função da textura da superfície.	Melhor aderência das demarcações viárias, devido a textura rugosa e alta temperatura de aplicação. Maior possibilidade de a pista ficar escorregadia.
DURABILIDADE	Vida útil mínima de 20 anos.	Vida útil máxima de 10 anos (com manutenção)
CUSTO INICIAL	Elevado	Baixo
TEMPO DE EXECUÇÃO	Mais demorado	Mais rápido
MÃO DE OBRA	Mecanizada ou não	Uso de maquinário específico
VISIBILIDADE	Maior distância de visibilidade horizontal, proporcionando maior segurança	A visibilidade é bastante reduzida durante a noite ou em condições climáticas adversas
ADERÊNCIA	Falta de aderência das demarcações viárias, devido ao baixo índice de porosidade	Melhor aderência das demarcações viárias, devido a textura rugosa e alta temperatura de aplicação (30 vezes mais durável)
COLORAÇÃO	Coloração clara. Permite até 30% de economia nas despesas de iluminação pública	Coloração escura. Tem baixa reflexão de luz. Maiores gastos com iluminação.
ABSORÇÃO	Melhores características de drenagem superficial: escoamento melhor a água superficial	Absorve a Umidade com rapidez e, por sua textura superficial, retém a água, o que requer maiores caimentos

Fonte: BIANCHI *et al.*, 2008 (adaptado pelos autores).

2.1.4 Tipos de Juntas de dilatação

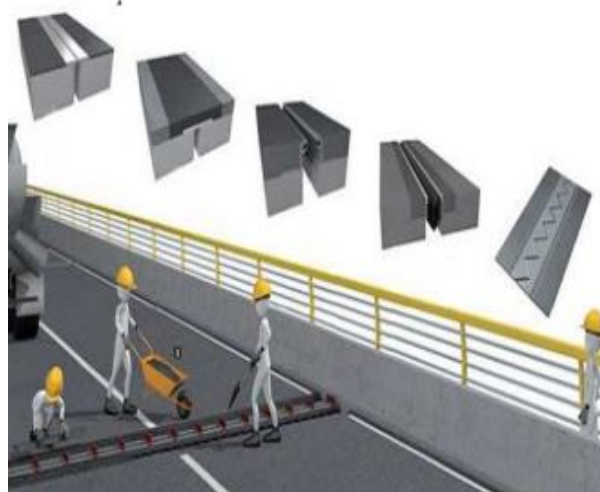
As juntas podem ser definidas como um detalhe construtivo que permite as movimentações de retração e dilatação das placas dos pavimentos, que são enfraquecidas e uniformemente espaçadas permitindo que a expansão e contração das placas ocorra (RODRIGUES, 2008). Campos (2016, *online*) define a junta de dilatação como sendo:

Um dos elementos que compõem a superestrutura das pontes e viadutos rodoviários, esta apresenta espaço a ser ou não preenchido por material elástico, que possui a função de absorver os movimentos provocados por dilatações e retrações dos materiais envolventes. São aplicadas em diversas obras da construção civil.

Desse modo, as juntas em um pavimento são o elo mais frágil do sistema, onde as manifestações patológicas de natureza estrutural se dão de forma prematura, seja por variações volumétricas no concreto, por esforços assimétricos e combinação de efeitos de empenamento. Sendo imprescindível portanto, a correta escolha do tipo de junta e a execução correta de seu dimensionamento (CALDA, 2007).

Uma vez que as juntas de dilatação são utilizadas para aliviar as tensões de tração do concreto e localizam-se em intervalos regulares, perpendicular ao eixo do pavimento, estas podem ser encontradas de diversos tipos, quais sejam as juntas abertas, fechadas, asfálticas, de betume modificado, de compressão, em fitas neoprene, elástica expansível nucleada estrutura, juntas de chapas deslizantes, dentadas, de elastómero com chapas metálicas, com bandas flexíveis de elastómero (JBFE), dentre muitas outras estando em constante trabalho e avanço (Figura 06).

Figura 06 - Juntas de Dilatação



Fonte: CORSINI, 2014.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO E DO SOLO

O tráfego está relacionado com uma série de condições da via, a exemplo o motorista, pedestre, veículos, vias, meio ambiente, dentro muitos outros que devem estar dimensionadas a fim de atenderem as necessidades de uso e influenciar diretamente o dimensionamento do mesmo (GOLDNER, 2008).

O tráfego, sendo composto por diferentes tipos de veículos, vão desde automóveis, caminhões, ônibus, dentre outros, que fazem com que o volume do tráfego varie em função do número de veículos que passam numa determinada faixa em uma unidade de tempo, utilizando termos de uniformização como, capacidade máxima de tração, fator horário de pico, intervalo de tempo, lotação, peso bruto total, velocidade, tandem, tara, volume, dentre muitos outros (GOLDNER, 2008).

No que tange à caracterização do solo, há de se ressaltar que este, na visão de Senço (2007, p. 27) “ é uma estrutura natural, de natureza solta e removível e de espessura variável, resultante da transformação de uma rocha mãe, pela influência de diversos processos físicos, físico-químicos e biológicos”.

Desse modo, a caracterização do solo está condicionada aos fatores como textura, umidade do solo, massas e métodos de resistência, limites de plasticidade e de liquidez, abordados a seguir (BAPTISTA, 1978).

2.2.1 Textura ou Granulometria

Quando se menciona a granulometria, o que se analisa é o tamanho das partículas e a distribuição em porcentagem do tamanho em massa de solo, sendo analisada a graduação das partículas constituintes do solo feitas em amostras secas ao ar e por meio de esteiras estandardizadas chamadas *Tyler*, possibilitando o resultado expresso em porcentagens do peso total da amostra, distribuídas em faixas de ordem de tamanho das partículas de solo (BAPTISTA, 1978).

Nesse contexto, os grãos apresentam classificações como pedregulhos (grãos minerais com diâmetros superiores a 2 mm e inferior a 76 mm), areias grossas (apresentam diâmetros maior que 0,42 mm e menor que 2 mm), areias finas (apresentam diâmetros maiores que 0,075 mm e menor que 0,42 mm), areias soltas (compacidade está entre 0 e 1/3), areias compactas (compacidade entre 1/3 e 2/3), siltes (partículas que apresentam diâmetro aparente

maior que 0,005 mm e menor que 0,05 mm), argilas de diversas consistências (que apresentam diâmetros menores que 0,005 mm podendo ser encontradas moles, médias e rijas) (DNIT, 2006).

2.2.2 Umidade do Solo

Para caracterizar as condições hídricas do solo, ao escolher e implantar um pavimento é de grande relevância que se conheça o teor de umidade presente no solo, a fim de que seja determinado a quantidade de água a ser aplicada no momento da irrigação, podendo ser encontradas água livre (que circula livremente através dos poros do solo e está sujeita a ação da gravidade), água higroscópica/adesiva (que se encontra no solo quando seco ao ar livre) ou água capilar (retida no solo pelo efeito da tensão superficial, não podendo ser eliminada por drenagem simples) (BAPTISTA, 1978).

Existem diversos meios para realizar a medição da umidade do solo, quais sejam método gravimétrico, métodos que utilizam sonda de nêutrons, reflectometria no domínio do tempo ou frequência e o método capacitivo, no qual se ressalta que as principais diferenças dentre elas é a sua operação em campo, local de medição, equipamentos utilizados, preços, tempo de resposta, dentre outros (CARPENA, 2005).

2.2.2 Massas e métodos de resistência

Métodos de resistência estão relacionados com o Índice de Suporte Califórnia (I.S.C), muito conhecido por sua sigla em inglês C.B.R – *California Bearing Ratio*. Sendo uma das características mais relevantes do solo, uma vez que permite avaliar o comportamento do mesmo, como camada de fundação e camada componente do pavimento.

O C.B.R. é definido por Senço (2007, p. 54) como sendo “a relação percentual entre a pressão necessária para fazer penetrar, de maneira padronizada, um pistão numa amostra de solo convenientemente preparada e a pressão para fazer penetrar o mesmo pistão”. A espessura do material granular sobre o subleito varia de acordo com a função do C.B.R., bem como o tráfego esperado na região.

Assim, o dimensionamento do reforço do C.B.R. leva em conta condicionantes como o conhecimento dos materiais utilizados no pavimento e suas espessuras; as condições

do subleito, reforço e sub-base; bem como os coeficientes de equivalência estrutural em função das condições encontradas (BALBO, 2007).

2.2.3 Limites de Plasticidade e de Liquidez

Na visão de Davilla (2013, p. 45) “define-se plasticidade a propriedade dos solos finos que, sob certas condições de umidade, apresentam maior ou menor capacidade de serem moldados, ou seja, a sua coesão”. Essa capacidade é determinada pela diferença entre os valores obtidos nos ensaios de LL e LP, onde quanto maior o teor de umidade, menor a resistência.

O Limite de Plasticidade (LP) refere-se ao teor de umidade em que o solo deixa de ser plástico e se torna quebradiço, momento em que se nota que a umidade de transição se encontra entre os estados plástico e semissólido do solo. O Limite de Liquidez (LL), por sua vez, é entendido como a umidade abaixo da qual o solo se comporta como material plástico, sendo observado a umidade de transição entre os estados líquido e plástico do solo (CAPUTO, 1988).

2.2.4 Patologias

Conhecer as patologias que podem ocorrer nos pavimentos é essencial para a identificação desses defeitos, suas causas e posteriormente corrigi-los através da definição de estratégias para seu reparo e manutenção, que evita problemas com elevados custos, pouca durabilidade, acidentes, dentre tantos outros problemas (ADADA, 2001).

Pela doutrina majoritária, as patologias em pavimentos podem ser divididas em estruturais ou funcionais, a primeira se caracteriza pelo colapso da estrutura do pavimento, ou de um de seus componentes, de modo que o pavimento não consegue suportar as cargas. As patologias funcionais, por sua vez, ocorrem quando o pavimento não suporta as cargas e gera desconforto ao usuário, com tensões imprevisíveis, podendo ou não ocorrer em conjunto com as patologias estruturais (YODER *et al.*, 1975).

Já na visão de alguns autores, existem patologias que acometem os pavimentos flexíveis e patologias que acometem com mais frequência os pavimentos rígidos, podendo ser destacados fissuras, trincas, afundamento, ondulações, exsudação, desgaste, buracos,

remendos, alçamento de placas, quebras localizadas, escalonamento, assentamento, esborcinamentos¹, dentre muitos outros (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Ressalta-se ainda, que as patologias podem ocorrer nas juntas de dilatação, podendo estas serem afetadas pelo dimensionamento incorreto de juntas, expansões ou retrações dos concretos, impactos de veículos pesados, desgaste do material, má conservação, e muitos outros, que afetam essa importante parte do projeto e pode, conseqüentemente, afetar toda a vida de uma estrutura, elevando custos de instalação e manutenção (BALTIMORE, 2005).

¹ Quebra das bordas das juntas de dilatação provocada pela rodas dos veículos ou esmagamento no interior da junta de materiais muito duros.

3 PAVIMENTO RÍGIDO

O pavimento rígido, também conhecido como pavimento de concreto, é classificado como um tipo de pavimento que apresenta uma camada de rolamento executada em concreto e permite sua realização através de diversas técnicas, como moldagem *in loco* ou até mesmo a pré-moldagem (BALBO, 2009).

No Brasil, o pavimento de concreto de cimento *portland* (CCP) tem sido muito empregado no sistema rodoviário, em portos, aeroportos, corredores de ônibus e pisos industriais, tendo em vista seus inúmeros benefícios, dentre eles o conforto, a capacidade de suporte e a longevidade do pavimento de concreto (RAYMUNDO, 2015).

De acordo com Mesquita (2001, p. 23) as características do pavimento rígido podem ser definidas como:

- a) Matéria prima em abundância na natureza e com característica bem definidas;
- b) Grande vida útil – mais de 20 anos – com pouca manutenção até esse período;
- c) Qualidade do pavimento é mantida ao longo dos anos;
- d) é praticamente impermeável, e tem um melhor escoamento da água superficial;
- e) Boa reflexão da luz, com maior distância de visibilidade horizontal.

Nesse contexto, existem os corredores de ônibus e os BRTs (*Bus Rapid Transit*), o primeiro se refere a faixas destinadas exclusivamente e em período integral para a circulação de ônibus, incluindo pistas, paralelas e meio fio. Já o segundo se refere a um sistema de transporte que proporciona mobilidade e conforto, onde os corredores se encontram na parte central da via, separados das vias destinadas ao tráfego comum (LINDAU *et al.*, 2013).

Existem inúmeros tipos de pavimentos rígidos, muitos em uso no Brasil, diferenciando-se em função da concepção estrutural e dos materiais empregados, quais sejam o concreto convencional/rolado, tipo whitetopping, com fibras de aço ou de polipropileno, sobre laje em tabuleiros de obras de arte especiais, com armação simples de retração, estruturalmente armado e com peças pré moldadas (OLIVEIRA, 2000).

Uma vez que o conceito, características, patologias, tipos de juntas de dilatação e outros assuntos acerca do pavimento rígido já foram apresentados em tópicos anteriores, o presente capítulo destrichará o tema debatendo seu dimensionamento, materiais e equipamentos utilizados, procedimentos e métodos de execução, que são essenciais para a realização de um bom projeto de implantação e obtenção de bons resultados na obra.

3.1 DIMENSIONAMENTO

Os principais fatores que determinam e condicionam os parâmetros para o dimensionamento dos pavimentos, são questões como a característica do solo e da fundação, propriedades dos materiais utilizados nas camadas do pavimento, a caracterização do tráfego, materiais utilizados para o revestimento, o índice pluviométrico, roteiros de cálculo e muitos outros fatores condicionantes (DNIT, 2004).

No que tange ao pavimento rígido, em regra, são utilizados três tipos de métodos de dimensionamento, sendo o *Portland Cement Association* (PCA), o método *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) e o método francês (DNIT, 2004).

O método PCA é oriundo dos Estados Unidos da América (EUA), sendo considerado um método clássico na qual se fundamenta no modelo de fadiga do concreto e no sistema de análise estrutural, levando em conta o grau de transferência de carga nas juntas transversais, efeitos da existência ou não de acostamento de concreto, contribuição estrutural das sub-bases de solo melhorado ou de concreto pobre e a ação de eixos (SANTOS, 2011).

O método AASHTO, possui bases empírico-estatístico, considerando uma boa quantidade de variáveis e tendo como inspiração o Índice de Serventia PSI (Present Serviceability Index), prevendo o cálculo do número admissível de eixos equivalentes que uma determinada espessura de pavimento é capaz de suportar, relacionando assim o tráfego (N) (SANTOS, 2011).

Já o método francês, apresenta uma abordagem baseada no desempenho do pavimento, baseado em simulações de situações reais de campo como ensaio de fadiga, ensaio do módulo complexo, ensaios de deformações permanentes, estudos e classificações dos materiais, analisando a influência da água e testes em razão da prensa de compactação (BARRA *et al.*, 2010).

3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Uma vez que os pavimentos são estruturas compostas por camadas que interagem entre si, possibilitando garantir características estruturais solicitadas pelo projeto, a escolha e o emprego de materiais utilizados na construção são de extrema importância e essenciais para garantir a eficiência desejada (BALBO, 2007).

Dentre os materiais que compõem um pavimento podemos destacar o solo, agregados, betumes, ligantes hidráulicos e aços. No que tange ao solo, são classificados de acordo com a definição granulométrica sendo divididos em pedras, pedregulhos, areias, siltes e argilas e subdivididos em graúdo, miúdo, grossa, média e fina. Já os agregados, são um conjunto de grãos minerais que respeitam determinados limites de dimensões, podendo ser naturais, artificiais, britados ou não britados (BALBO, 2007).

Por sua vez, os betumes são substâncias formadas por hidrocarbonetos pesados e inflamáveis, sendo utilizados como ligantes na composição de revestimentos betuminosos, podendo ser destacado o cimento asfáltico de petróleo (CAP), obtido através do refinamento do petróleo cru. Os aços são produzidos com ligas de ferro carbono, tendo como características uma forma resistente, mais dura e menos dúcteis (BALBO, 2007).

Por fim, os ligantes hidráulicos, na visão de Balbo (2007, p. 142) refere-se a um “material pulverulento mineral finamente moído que, por meio de adição de água, forma uma pasta que após determinado tempo, solidificando-se, permite sua ligação com outros materiais, e tal processo pode ocorrer mesmo em meio aquoso”.

Figura 07 - Etapa de Lançamento do Concreto na Execução do Pavimento Rígido.



Fonte: ARAÚJO, 2016.

Referente aos equipamentos utilizados na implantação do pavimento rígido, estes são tanto utilizados para a execução dos serviços e/ou para a instalação das obras, nos quais podem ser destacados depósito para ligantes asfálticos, silos para agregados, usina para mistura asfáltica, caminhões basculantes para transporte da mistura, equipamentos para espalhamento e acabamento, equipamento para compactação, dentre outros (Figura 07) (DNIT, 2006).

4 ESTUDO DE CASO: PAVIMENTO RÍGIDO NAS AVENIDAS DE ANÁPOLIS/GOIÁS

4.1 CIDADE DE ANÁPOLIS E SUA MOBILIDADE URBANA

Anápolis, cidade localizada no Estado de Goiás, na Região Centro Oeste do Brasil, com uma área total de 933.156 Km² (novecentos e trinta e três mil cento e cinquenta e seis quilômetros quadrados), contando com uma população de, aproximadamente, 400.000 (quatrocentas mil) pessoas segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019).

A cidade conta com uma posição privilegiada, estando entre Goiânia (Capital do Estado de Goiás) e Brasília (Capital do Brasil), sendo cortada por três grandes rodovias federais (BR-060, BR-153 e BR-414) e três rodovias estaduais (GO-222, GO-437 e GO-330), além da Ferrovia Centro-Atlântica (Ferrovia Norte Sul) que está sendo integrada, o que reflete no seu crescimento e potencial logístico.

Anápolis conta com o Distrito Agroindustrial (DAIA), criado em 1976, sendo considerado o maior distrito industrial da Região Centro Oeste, abrangendo empresas conhecidas mundialmente, com destaque no ramo farmacêutico, químico, automobilístico, alimentícios, dentre outros, gerando emprego a muitos de seus habitantes.

A cidade ainda possui uma base aérea (BAAN), uma das mais importantes da Força Aérea Brasileira, tendo sido escolhida também em razão de sua localização geográfica; o Porto Seco (Estação Aduaneira Interior – para o desembarço alfandegário de mercadorias) e uma anuidade do Exército Brasileiro, representado pelo Tiro de Guerra 11-001.

Destarte, em razão de sua localização geográfica, conseqüentemente, de suas vantagens operacionais e logísticas, a população de Anápolis passou a crescer consideravelmente, aumentando o tráfego com a passagem de veículos de carga, ônibus e automóveis de passeio.

O transporte coletivo da cidade de Anápolis conta com uma empresa que ganhou a licitação, sendo constituída por 124 linhas radiais, operadas por 210 veículos, 1.423 pontos de embarque e desembarque, transportando mais de 100 mil passageiros por dia, possuindo um único terminal, localizado na região central da cidade (CMTT, 2015).

Essa grande circulação de veículos na cidade de Anápolis e sobrecarga nas vias públicas, acaba por acarretar em patologias como deformações e defeito de superfície, trincas

e fissuras, causando grandes prejuízos ao poder público e principalmente à sociedade, que corre riscos de sofrer acidentes e estragar seus veículos.

Assim, diante do cenário exposto, após uma caracterização do tráfego, do solo e conhecendo as patologias enfrentadas, faz-se necessário a implantação de pavimentos mais eficazes, não sendo somente realizadas obras de manutenção mas que tragam resultados positivos e duradouros para a cidade.

4.2 IMPLANTAÇÃO DO PAVIMENTO RÍGIDO NAS AVENIDAS DE ANÁPOLIS

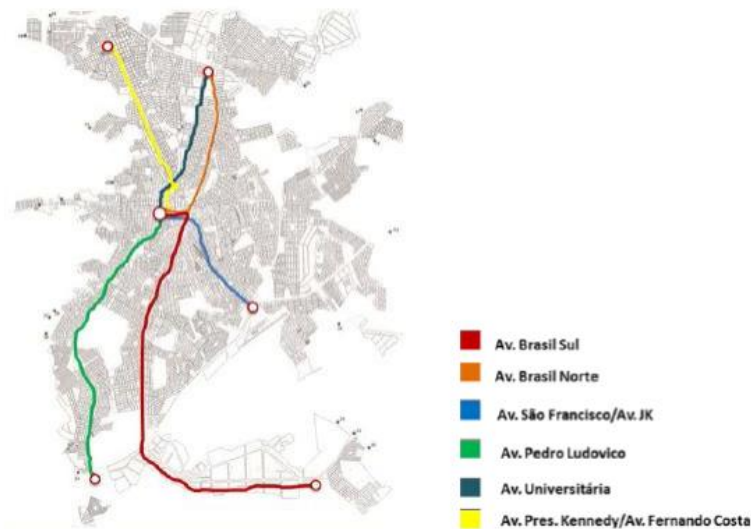
O asfalto da cidade de Anápolis, segundo a Secretaria Municipal de Obras, Serviços Urbanos e Habitação (SEMOSUH, 2017), é considerado muito antigo, possuindo em torno de 40 anos, não tendo a prefeitura aderido nenhum sistema de gerenciamento do pavimento ou trabalhos de manutenção preventiva que mudasse o cenário na cidade, sendo mais comuns as ações de tapa buracos ou de correções de patologias como fissuras.

Com o objetivo de respeitar as Diretrizes da Lei de Mobilidade Urbana Nº 12.587 de 2002, que prevê a igualdade na utilização das vias, sempre priorizando o ciclista, o pedestre e o transporte público, a cidade de Anápolis realizou nos últimos anos uma série de ações nas principais avenidas, a exemplo a construção de dois viadutos na Avenida Brasil, a implantação de faixas exclusivas para ônibus coletivos, a implantação de estações de embarque e desembarque, bem como da implantação de pavimento rígido nas paradas de ônibus localizadas nessas avenidas.

As Diretrizes vão de encontro com o Programa de Reestruturação dos Corredores de Transporte Coletivo de Anápolis (2014), que previu a iniciativa do Município em aplicar intervenções que priorizasse a circulação dos ônibus, melhorasse a velocidade operacional, proporcionasse maior conforto aos usuários, segurança e qualidade, promover a revitalização urbanística, a qualificação dos espaços da via (canteiros, passeios e áreas verdes), dentre outras ações.

No que se refere aos corredores de ônibus, foram realizados estudos de modo a detectar as principais vias da cidade, tendo como resultado a abrangência de 06 (eixos) viários, quais sejam: 1) o corredor da avenida brasil norte, 2) o corredor da avenida brasil sul e DAIA, 3) o corredor da avenida universitária, 4) o corredor da avenida Pedro Ludovico, 5) o corredor da Juscelino Kubitscheck com a Avenida São Francisco, 6) o corredor da Avenida Presidente Kennedy com a Avenida Fernando Costa e a área central da cidade (Figura 08).

Figura 08 - Eixos viários para intervenção



Fonte: ANÁPOLIS, 2015.

Conforme já salientado, o município de Anápolis optou por implantar o pavimento rígido nas áreas de embarque e desembarque de passageiros dos transportes coletivos nos eixos viários localizados nas avenidas supramencionadas, que são as principais da cidade e recebem um grande fluxo de veículos diariamente.

As especificações e exigências para a execução e controle do pavimento rígido dependem do tipo de pavimento a ser implantado e das normas vigentes no país, na qual, inicialmente se analisa as condições do solo, em que muitas vezes já possuem um pavimento flexível e necessitam de recuperação.

Desse modo, as figuras a seguir demonstram os procedimentos da execução das obras realizadas no Município de Anápolis no ano de 2018, ocorrendo, em um primeiro momento, o preparo do subleito e da fundação.

Conforme se depreende da Figura 09, todo trabalho começa com a remoção do pavimento existente, onde será executado o pavimento rígido. Em seguida, as Figuras 10 e 11 demonstram o início da preparação e o reforço do subleito, nessa etapa é feito o controle de deformações causadas pelas cargas, através de equipamentos específicos, verificando assim as condições de suporte das camadas de fundações do pavimento de concreto. A Figura 12 demonstra o processo de umectação do solo, que servirá para uma melhor compactação e conseqüente preparação para a próxima etapa.

Figura 09 - Retirada do Pavimento antigo.



Fonte: DOS AUTORES, 2018.

Figura 10 - Camada de subleito utilizando cascalho graúdo espalhado com uma máquina apropriada.



Fonte: DOS AUTORES, 2018.

Figura 11 - Compactação do subleito com rolo de pé de carneiro.



Fonte: DOS AUTORES, 2018.

Figura 12 - Umectação do solo.



Fonte: DOS AUTORES, 2018.

Almeida (2015, p.46) demonstra esse procedimento ao definir que:

Preparo do subleito: são consideradas operações de preparo da fundação, como a substituição de solos inadequados, remoção de materiais indesejados

(blocos de pedra, raízes e outros materiais putrescíveis), compactação, regularização e testes por meio de provas de carga, para determinar o coeficiente de recalque k .

As Figuras 13 e 14 demonstram o processo de implantação da sub-base, com a execução de uma camada de brita graduada simples (BGS), seguida de uma camada de concreto compactado com rolo (CCR), cujo o objetivo é uniformizar o suporte para a camada superior e proteger a mesma do bombeamento de material. Durante o processo de execução terá sua espessura e resistência a compressão verificadas para garantir as especificações pré-determinadas.

Figura 13 - Sub-base, sendo espalhado brita graduada.



Fonte: DOS AUTORES, 2018.

Figura 14 - Britas compactadas.



Fonte: DOS AUTORES, 2018.

As Figuras 15 e 16 demonstram a finalização da sub-base, o próximo passo é a aplicação da manta geotêxtil que irá fazer a impermeabilização do solo, em seguida é aplicado as barras de transferência que tem como função estrutural impedir o deslocamento das placas do pavimento no sentido vertical, posteriormente é executado a armadura contínua.

Figura 15 - Adição da manta geotêxtil para impermeabilização do solo.



Fonte: DOS AUTORES, 2018.

Figura 16 - Introdução de barras de aços de transição e de ligação.



Fonte: DOS AUTORES, 2018.

As Figuras 17 e 18 demonstram a etapa de execução do pavimento, onde o concreto é trabalhado e realizado o acabamento necessário, feito o desempenamento do concreto chegamos na texturização para maior aderência e drenagem. Por último vem a cura, imprescindível para garantir a resistência e a durabilidade do concreto. Nela, ocorrem ainda a fixação das barras de transferência e o lançamento de concreto, respectivamente, podendo ser utilizados caminhões basculantes e usinas dosadoras. (NETO, 2011).

Figura 17 - Fase da concretagem – emprego de cimento Portland.



Fonte: DOS AUTORES, 2018.

Figura 18 - Emprego de cimento Portland.



Fonte: DOS AUTORES, 2018.

A Figura 19 refere-se ao espalhamento, seguido do adensamento, nivelamento e acabamento final. Na texturização, que consiste em prover ranhuras na superfície do pavimento, aumentando assim o atrito entre pneu e superfície e atuando na microdrenagem. Em seguida são executadas as juntas de dilatação, posteriormente a cura e a selagem das juntas (NETO, 2011).

Figura 19 - Introdução de ranhuras ao Pavimento.



Fonte: DOS AUTORES, 2018.

4.3 DIAGNÓSTICOS DAS OBRAS REALIZADAS

A realização da implantação do pavimento rígido na cidade de Anápolis, assim como as demais obras previstas pelo Plano Diretor Participativo de 2015, como criação de viadutos, corredores próprios para ônibus, expansão urbana, dentre outros, trouxeram maior qualidade de vida à população anapolina, principalmente no tocante às condições habitacionais e de serviços de infraestrutura urbana.

A prefeitura de Anápolis atuou em parceria com uma série de órgãos e até mesmo com o CMTT, para que fosse possível intervenções viárias a fim de priorizar a circulação de ônibus, melhorando o tráfego, proporcionando maior conforto aos usuários do serviço e promovendo obras que tenham uma maior durabilidade e vantagens quando comparados aos métodos comumente realizados.

Após a execução, inspeção visual e avaliativa das obras realizadas nas principais avenidas da cidade de Anápolis, com a implantação do pavimento rígido nas paradas de ônibus, puderam ser observados resultados condizentes e positivos em relação à melhorias para o tráfego de Anápolis.

Isso ocorre porque o tipo de pavimentação anteriormente encontrados no Município propiciavam um grande desgaste superficial, afetando as placas dos trechos por onde passavam os ônibus, bem como esborcinamento de juntas com baixo grau de severidade, ocorrendo devido a utilização de materiais de baixa qualidade, sem uma análise criteriosa e de forma preventiva.

Ressalta-se que a implantação do pavimento rígido foi realizada somente nas paradas de ônibus, sendo o primeiro motivo pelo fato de que é onde ocorre uma maior sobrecarga dos veículos por serem áreas de paradas e o segundo motivo pelo fato das demais áreas serem compartilhadas com demais veículos de passeio.

Como se trata de uma obra recente, patologias nessas áreas onde foram realizadas as obras não são percebidas. No entanto, com o passar dos anos, podem vir a ocorrer patologias comuns do pavimento rígido, como alçamento de placas, fissura de canto, placa dividida, escalonamento nas juntas, falha na selagem das juntas, desnível pavimento acostamento, fissuras lineares, desgaste superficial, bombeamento, quebras localizadas, passagem de nível, esborcinamento, placa bailarina, assentamentos e buracos (DNIT, 2006).

Ressalta-se a importância de que ocorra manutenções preventivas com o passar do tempo, como manutenção das selagens, trincas, drenagens, camadas de selamento, dentre outras, para que haja um controle e monitoramento do pavimento, evitando a ocorrência de patologias, bem como retardando e/ou evitando o início de sua deterioração, que acabam recebendo interferências de fatores de tráfego, climático e de topografia.

Assim, entende-se que as obras realizadas na cidade de Anápolis, contemplando a implantação do pavimento rígido nas principais avenidas da cidade, contribuíram com a mobilidade urbana do município, tendo em vista que as obras terão maior durabilidade e trouxe consigo melhorias na estruturação do sistema viário.

No entanto, quando se analisa o plano diretor do município (2016), que dispõe de um total de 300 artigos, observa-se que ainda terão de ser realizadas muitas obras para atender os objetivos do plano diretor, que contempla e engloba assuntos como um plano cicloviário, acessibilidade das calçadas, transporte e uso de cargas, estacionamento, dentre outros que ainda são escassos no município.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando se fala em qualidade de vida da população, um dos temas essenciais refere-se à mobilidade e infraestrutura urbana, que propicia pavimentação asfáltica, calçadas acessíveis, sinalização adequada, segurança, dentre muitos outros benefícios para a sociedade.

Nesse contexto, a pavimentação é de extrema relevância, isso porque o modal mais utilizado no Brasil é o rodoviário, sendo encontrado diversas patologias diariamente pela população, acarretando lentidão no trânsito, acidentes, menos segurança e uma série de complicações.

Para a construção de vias públicas, podem ser utilizados diversos tipos de pavimentos, como o pavimento flexível e o pavimento rígido. Apesar do pavimento rígido ser pouco utilizado no Brasil por ter um custo inicial maior que os demais e uma mão de obra especializada, o método trás uma série de benefícios quando comparado com os demais, dentre elas a capacidade de suportar maiores cargas, maior durabilidade e qualidade.

Pelo estudo de caso realizado na cidade de Anápolis, conclui-se que as obras de implementação do pavimento rígido foram realizadas em conformidade com o plano diretor vigente na cidade, que prevê ações que englobam um plano cicloviário, acessibilidade, transporte e uso de cargas, estacionamento, dentre outros que ainda são escassos no município.

O projeto de implantação do pavimento rígido nas principais avenidas de Anápolis – Goiás foi realizado levando em consideração o crescimento do tráfego da cidade, que está situada em um ponto estratégico na região centro oeste do Brasil. As obras foram realizadas priorizando os modais coletivos, que enfrentavam problemas de deslocabilidade.

Assim, observou-se que o município de Anápolis optou pelo pavimento rígido nas áreas de embarque e desembarque dos corredores de ônibus, por este proporcionar benefícios e características peculiares como maior resistência, pequenas necessidades de manutenção, maior durabilidade, dentre tantos outros. De modo geral, as obras foram bem realizadas e trouxe benefícios para a cidade, devendo estar atenta a manutenções para que não ocorra patologias, bem como que os projetos se estendam para demais ações que contemplem a mobilidade urbana.

Recomenda-se como estudo para trabalhos futuros o acompanhamento da malha asfáltica, a fim de identificar possíveis patologias que possam surgir nos eixos implementados, como fissuras, trincas, afundamento, ondulações, exsudação, desgaste, buracos, remendos,

alçamento de placas, quebras localizadas, escalonamento, assentamento, esborcinamentos, dentre muitos outros.

De mesmo modo, importa salientar a necessidade do acompanhamento e manutenções dos pavimentos executados na Cidade de Anápolis, a fim de verificar se as condições estão sendo mantidas e como os implementos se comportam de acordo com as necessidades do tráfego da cidade.

REFERÊNCIAS

ADADA, L. B. **Avaliação das Condições Estruturais e Funcionais de Pavimentos de Concreto de Cimento Portland**: Estudo de Caso. 2001. 234 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

ALMEIDA, Daniel Pedroso de. **Solução do Projeto de Pavimento Rígido Estudo de Caso**: Corredor de Ônibus do binário das ruas Dr. João Colin e Blumenau – Joinville/SC. 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/157148/TCC%20%20Daniel%20P%20Almeida.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 out 2020.

ARAÚJO, Marcelo Almeida; et. al. **Análise Comparativa de Métodos de Pavimentação** – Pavimento Rígido (concreto) x Flexível (asfalto). Revista Científica Multidisciplinar Núcleo Do Conhecimento, ANO 1. VOL. 10, Pp.187-196. Novembro de 2016. Disponível em: <https://docplayer.com.br/32663417-Analise-comparativa-de-metodos-de-pavimentacao-pavimento-rigido-concreto-x-flexivel-asfalto.html>. Acesso em: 10 out 2020.

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

_____. **Pavimentos de concreto**. São Paulo: Oficina de Texto, 2009. 472 p.

BALTIMORE, Maryland. **Integral Abutment and Jointless Bridges**. Fhwa conference, 2005.

BAPTISTA, Cyro N. **Pavimentação: tomo 1**. Ensaio fundamentais para a pavimentação – dimensionamentos dos pavimentos flexíveis. 3ª ed. Porto Alegre: Globo, 1978.

BARRA, B. S.; HORNYCH, P.; BROSSEAUD, Y.; MOMM, L. **Metodologia Francesa para o dimensionamento de estruturas de pavimentos de concreto asfáltico**. Revista Pavimentação, v.18, 2010.

BERNUCCI, L.B.; MOTTA, L.M.G.; CERATTI, J.A.P.; SOARES, J.B. **Pavimentação asfáltica**: Formação básica para engenheiros. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **Pavimentação Asfáltica** – formação básica para engenheiros. 3ª ed. Rio de Janeiro: Imprinta, 2010.

BIANCHI, Flávia Regina. **Estudo comparativo entre pavimento rígido e flexível**. 2008.

CALDA, A. G. B. **Juntas em pavimentos de concreto**. Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo, 2007.

CAMPOS, Isabella Maria de. **Estudo de Juntas de Dilatação em Pontes e Viadutos e suas melhorias na aplicação e uso.** Centro Universitário FEI. 2016. Disponível em: <https://fei.edu.br/sites/sicfei/2016/civil/estudo%20de%20juntas%20de%20dilata%20e%20suas%20melhorias%20na%20aplica%20e%20uso.pdf>. Acesso em: 17 out 2020.

CAPUTO, Homero P. **Mecânica dos solos e suas aplicações – fundamentos.** 6ª ed. Volume 1. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1988.

CARNEIRO, L. A. V. **Pavimentos de Concreto: Histórico, Tipos e Modelos de Fadiga**", Artigo Científico In: Seção de Engenharia de Fortificação e Construção, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro. 2014.

CARPENA, Rafael Muñoz. **Field Devices for Monitoring Soil Water Content.** Southern Regional Water Program, 2005.

CNT. **Transporte rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?**. Brasília. Disponível em: <https://repositorio.itl.org.br/jspui/handle/123456789/191>. Acesso em: 16 out 2020.

CORSINI, Rodnei. **Juntas de dilatação em obras de arte.** Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoestecnicas/14/juntas-de-dilatacao-em-obras-de-arteabertas-ou-256261-1.aspx>>. Acesso em: 10 out 2020.

DAVILLA, CELIO. **Plasticidade e Consistência dos Solos.** Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo. 2013. Disponível em: <ftp://ftp.cefetes.br/cursos/Transportes/CelioDavilla/Solos/Literatura%20complementar/Notas%20de%20aula/unidade_4.pdf>. Acesso em: 10 out 2020.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **NORMA DNIT 061/2004 – TER.** Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **Manual de pavimentação.** 3ª ed. Rio de Janeiro: 2006.

FARIA, Eloir de O. **História dos transportes terrestres no mundo.** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <<http://www.transitocomvida.ufrj.br/download/Hist%C3%B3ria%20dos%20transportes%20terrestres.pdf>>. Acesso em: 10 out 2020.

GOLDNER, Lenise G. **Engenharia de tráfego – módulo 1.** Universidade Federal de Santa Catarina – Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Civil. Florianópolis: 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Brasil – Goiás – Anápolis**. 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/anapolis/panorama>>. Acesso em: 25 de set. 2020.

ILOS – Especialistas em Logística e Supply Chain. **Evolução da matriz de transporte de cargas do Brasil, de 2016 para 2018, em TKUs**. Disponível em: <https://www.ilos.com.br/web/tag/matriz-de-transportes/>. Acesso em: 16 out 2020.

LINDAU, L. A.; *et al.* **BRT e corredores prioritários para ônibus: panorama no continente americano**. Belém: Associação de Pesquisa de Ensino em Transportes (ANPET), 2013.

MEDINA, J. **Mecânica dos pavimentos**. Editora UFRJ, Rio de Janeiro. 1997.

MOTTA, L.M.G. (1995). Considerações a respeito de pavimentos e tráfegos em vias urbanas. In: **Reunião De Pavimentação Urbana**, 6^a. 1995, Santos. Anais...Santos, Associação Brasileira de Pavimentação, Santos. p 25-52.

NETO, G. L. G. **Estudo comparativo entre a pavimentação flexível e rígida**. Universidade da Amazônia. Belém, 2011.

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.

PITTA, M. R. **Projeto de sub-bases para pavimentos de concreto – ET 29**. Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), São Paulo. 1998.

RAYMUNDO, H. **Transporte Coletivo da Região Metropolitana de São Paulo: Imagem em Queda desde 1999**. 09 p. R&B Engenharia e Arquitetura Ltda., São Paulo, 2015.

RIBAS, Leandro Carlos. **Custo-Benefício na Execução de Pavimentos Rígidos**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2017.

RODRIGUES, Maria Lucia; LIMENA, Maria Margarida Cavalcanti (Orgs.). **Metodologias multidimensionais em Ciências Humanas**. Brasília: Líber Livros Editora, 2006. 175p.

RODRIGUES, L. F. **Juntas em pavimentos de concreto: dispositivo de transferência de carga**. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SANTOS, C. R. G. **Dimensionamento e análise do ciclo de vida de pavimentos rodoviários: uma abordagem probabilística**. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SANTOS, L. F. P. **Indicadores de Salubridade Ambiental (ISA) e sua Aplicação para a Gestão Urbana**. Dissertação (mestrado) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Direito Ambiental e Políticas Públicas. Orientadora Helenilza F. Albuquerque Cunha. Macapá, 2012.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação**. São Paulo: Pini, 1997.

_____. **Manual Técnico de Pavimentação**: volume 1. São Paulo: Pini, 2007.

_____. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. Editora PINI, 2ª ed., São Paulo. 2008.

SICRO. **Sistemas de custos rodoviários**. Rio de Janeiro: nov. 2012.

SILVA, Edna Lúcia; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. Ed. Ver. Atual. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

YODER, E. J., & WITCZACK, M. W. **Principles of pavement design**. New York: John Wiley & Sons. 1975.