

**UNIEVANGÉLICA**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**VAGNER RICARDO DE SOUZA GODOI**

**PAVIMENTO RÍGIDO**

**Dimensionamento de pavimento rígido para o Viaduto do DAIA**

**ANÁPOLIS / GO**

**2015**

**VAGNER RICARDO DE SOUZA GODOI**

**PAVIMENTO RÍGIDO**

**Dimensionamento de pavimento rígido para o Viaduto do DAIA**

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

**ORIENTADORA: JULLIANA SIMAS RIBEIRO**

**ANÁPOLIS / GO: 2015**

## FICHA CATALOGRÁFICA

GODOI, VAGNER RICARDO DE SOUZA.

Pavimento Rígido: Dimensionamento de pavimento rígido para o Viaduto do DAIA 2014  
63P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2015).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Pavimento Rígido

2. Dimensionamento

3. PCA/84

4. Viaduto do DAIA

I. ENC/UNI

II. Título (Série)

### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

GODOI, V. R. S. Pavimento Rígido: Dimensionamento de pavimento rígido para o viaduto do DAIA. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 63p. 2015.

### CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Vagner Ricardo de Souza Godoi

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Pavimento Rígido: Dimensionamento de pavimento rígido para o viaduto do DAIA.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2015

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.

---

Vagner Ricardo de Souza Godoi

E-mail: [vagnergps@yahoo.com.br](mailto:vagnergps@yahoo.com.br)

**VAGNER RICARDO DE SOUZA GODOI**

**PAVIMENTO RÍGIDO**  
**DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA**  
**O VIADUTO DO DAIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO APRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL À OBTENÇÃO DO TÍTULO DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL, DO CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ANÁPOLIS – UNIEVANGÉLICA.

**APROVADO POR:**

---

**PROFESSORA JULLIANA SIMAS RIBEIRO, Mestra (UniEvangélica)**  
**(ORIENTADORA)**

---

**PROFESSORA ANA LÚCIA CARRIJO ADORNO, Doutora (UniEvangélica)**  
**(EXAMINADORA INTERNA)**

---

**PROFESSOR RHOGÉRIO CORREIA DE SOUZA ARAUJO, Mestre (UniEvangélica)**  
**(EXAMINADOR INTERNO)**

**ANÁPOLIS/GO, 29 de Maio de 2015.**

## RESUMO

Este trabalho analisa e dimensiona a pavimentação pelo método rígido, utilizado no trecho do Viaduto do DAIA, localizado na BR 060/153 GO na cidade de Anápolis. Inicialmente realiza-se pesquisas para o levantamento bibliográfico sobre as técnicas e fatores que influenciam no dimensionamento rígido. Apresenta a malha rodoviária brasileira, com sua extensão e peculiaridades, fazendo um comparativo com as malhas de outros países. A seguir, apresenta-se e traz um resumo dos principais tipos de pavimentação utilizado no Brasil, com foco na comparação dos métodos flexível e rígido, analisando e demonstrando a situação onde melhor é aproveitado cada tipo de pavimento. Continuando, é feita uma abordagem do trecho a ser estudado, dando ênfase aos materiais e métodos adotados para a pavimentação do trecho. É feita então uma análise do tipo de solo implantado no local, para a realização do projeto de dimensionamento. Aplica-se então o método de dimensionamento rígido, e realiza-se o orçamento para o projeto. Conclui-se que, apesar do pavimento de asfalto ser a alternativa mais utilizada pelos órgãos públicos brasileiros, devido ao seu baixo custo inicial, o pavimento de concreto também se mostra uma alternativa viável financeiramente a longo prazo, devido ao seu baixo custo de manutenção e a diminuição de transtornos causada aos usuários.

**Palavras-chave:** Pavimento Rígido; Dimensionamento; PCA/84; Viaduto do DAIA.

## **ABSTRACT**

This paper analyzes and sizes the paving by drive method, used in the stretch of the viaduct DAIA, 060/153 GO BR located in the city of Annapolis. Initially carried out research into the literature on the techniques and factors influencing drive in sizing. Displays the highway network, with its extent and peculiarities, doing a comparison with the meshes of other countries. The following presents and summarizes the main types of flooring used in Brazil, focusing on the comparison of flexible and rigid methods, analyzing and demonstrating the situation where it is better used each type of pavement. Continuing, an approach the stretch to be studied, with emphasis on the materials and methods used for paving the stretch is done. It then made an analysis of soil type deployed on site to carry out the project sizing. Then applies the method of disk scaling, and achieves the budget for the project. It follows that, despite the asphalt pavement to be more alternative used by Brazilian public agencies due to its low initial cost, the concrete pavement also shows a financially viable alternative to long term, due to its low cost of maintenance and the decrease disorders caused users.

**Keywords:** Hard Floor; sizing; PCA/84; Viaduct DAIA.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Extensão da malha rodoviária brasileira.....	14
<b>Figura 2-</b> Evolução da extensão das rodovias federais pavimentadas.....	15
<b>Figura 3-</b> Classificação Geral – Extensão Total .....	16
<b>Figura 4-</b> Classificação dos Pavimentos - Extensão Total .....	16
<b>Figura 5-</b> Ranking de qualidade de rodovias dos países da América do Sul - 2014 .....	17
<b>Figura 6-</b> Praça de Pedágio na BR-060, em Goianápolis .....	18
<b>Figura 7-</b> Classificação do Estado Geral - Gestões Concedida e Pública .....	19
<b>Figura 8-</b> Mapa das concessões contratadas .....	21
<b>Figura 9-</b> Pavimento Rígido - Seção Típica .....	24
<b>Figura 10-</b> Distribuição do carregamento - Pavimento Rígido .....	25
<b>Figura 11 -</b> Praça de pedágio da Rodovia Bandeirantes.....	26
<b>Figura 12-</b> Pavimento Flexível .....	31
<b>Figura 13-</b> Distribuição dos esforços em pavimentos flexíveis .....	32
<b>Figura 14 -</b> Seção típica do pavimento flexível.....	33
<b>Figura 15 -</b> Classificação das Bases e Sub-bases .....	35
<b>Figura 16-</b> Materiais Betuminosos .....	38
<b>Figura 17-</b> Acabadora de asfalto.....	39
<b>Figura 18-</b> Rodovia BR-153 .....	46
<b>Figura 19-</b> Vista aérea do Daia.....	47
<b>Figura 20-</b> Execução de Sub-base de concreto rolado.....	60

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1-</b> Metodologias de Reparação e Prevenção dos principais defeitos em Pavimentos Rígidos.....	30
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	----



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Concessões contratadas .....	20
<b>Tabela 2</b> - Contagem de tráfego na BR-060 Km 100,1 .....	48
<b>Tabela 3</b> - TMDA da BR-060 km 100,1 .....	50
<b>Tabela 4</b> – Fatores de equivalência de eixo (AASHTO) .....	51
<b>Tabela 5</b> - Fatores de equivalência de veículo – FV (AASHTO).....	52
<b>Tabela 6</b> - Fatores de equivalência de eixo (USACE).....	52
<b>Tabela 7</b> - Fatores de equivalência de veículo – FV (USACE).....	53
<b>Tabela 8</b> - Projeções de Tráfego e Número “N” da BR-060 .....	54
<b>Tabela 9</b> - Apresentação das alternativas estudadas .....	56
<b>Tabela 10</b> - Resultados do dimensionamento .....	58
<b>Tabela 11</b> - Alternativas mais vantajosas .....	59

## LISTA DE SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABCR	Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACIA	Associação Comercial e Industrial de Anápolis
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
BR	Brasil Rodovia
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CNT	Confederação Nacional do Transporte
DAIA	Distrito Agroindustrial de Anápolis
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
ES	Especificação de Serviço
EUA	Estados Unidos da América
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICP	Índice de Condição de Pavimento
PCA	Portland Cement Association
PIB	Produto Interno Bruto
PMF	Pré Misturado a Frio
SNV	Sistema Nacional de Viação
TMDA	Tráfego Médio Diário Anual

## SUMÁRIO

### SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1	OBJETIVOS .....	12
<b>1.1.1.</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>12</b>
1.2	JUSTIFICATIVA .....	12
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	13
<b>2</b>	<b>MALHA RODOVIÁRIA BRASILEIRA .....</b>	<b>14</b>
2.1	Problemas na malha rodoviária .....	15
2.2	Concessão de rodovias.....	17
<b>3</b>	<b>TIPOS DE PAVIMENTOS.....</b>	<b>22</b>
3.1	Classificação de pavimento .....	23
<b>3.1.1</b>	<b>Pavimentos Rígidos.....</b>	<b>23</b>
3.1.1.1	História.....	25
3.1.1.2	Aplicação.....	26
3.1.1.3	Subleito.....	26
3.1.1.4	Regularização do Subleito .....	27
3.1.1.5	Sub-base.....	27
3.1.1.6	Base e Revestimento.....	27
3.1.1.7	Manutenção de pavimentos rígidos .....	28
<b>3.1.2</b>	<b>Pavimento Flexível.....</b>	<b>31</b>
3.1.2.1	Subleito.....	33
3.1.2.2	Regularização do subleito.....	33
3.1.2.3	Reforço de subleito .....	34
3.1.2.4	Sub-base.....	34
3.1.2.5	Base.....	35
3.1.2.6	Revestimento.....	36
3.1.2.7	Metodologia de implantação.....	36

3.1.2.7.1	Camadas sem ligantes.....	37
3.1.2.7.2	Camadas com ligantes .....	38
3.1.2.8	Manutenção.....	41
3.2	Comparativo entre os pavimentos .....	42
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO – VIADUTO DO DAIA .....</b>	<b>44</b>
4.1	REGIÃO DE ESTUDO .....	44
4.2	BR-060.....	44
4.3	BR-153.....	45
4.4	Distrito Agroindustrial de Anápolis .....	46
<b>5</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO RÍGIDO PARA O VIADUTO DO DAIA .....</b>	<b>48</b>
5.1	Estudo de tráfego .....	48
5.2	Cálculo do T.M.D.A .....	49
5.3	Determinação do Número “N” .....	50
5.4	Dimensionamento .....	55

## 1 INTRODUÇÃO

A economia brasileira vem de constante crescimento nos últimos anos, conseqüentemente o poder de compra da população aumenta, e umas das áreas mais influenciadas por esse cenário é a indústria automobilística. Juntando o aumento do poder de compra do brasileiro às facilidades que os bancos financiadores dão na aquisição de veículos, temos um aumento significativo do volume de tráfego em nossas ruas, e por isso surgem problemas na área de mobilidade de transporte, tanto nas vias urbanas como nas rurais.

Outro fator importante é o aumento da produção das indústrias, que tem como meio principal de escoamento dos produtos o transporte rodoviário, o que contribui de forma importante para a superlotação de veículos de cargas nas rodovias brasileiras. Para que o Brasil não perca competitividade no mercado externo, torna-se necessário uma intervenção na frágil infraestrutura logística do país, para que a mesma possa acompanhar e dar suporte ao crescimento do país em geral.

Atualmente o escoamento da produção passa por muitos entraves no processo logísticos, e um dos principais entraves é a má conservação das estradas, principalmente referente a péssima situação dos pavimentos. A má qualidade dos pavimentos gera atrasos nas entregas das mercadorias, prejuízos financeiros como o desgaste prematuro dos pneus, aumento do consumo de combustível, quebra de suspensão, recuperação de pneus estourados, entre outros. Desta forma, ocasionando um aumento no preço final do produto, e até perdas de contratos por atrasos nas entregas, o que acaba por diminuir a competitividade e estagnar a economia. Por isso tudo, é que se deve ter uma atenção maior quanto a qualidade e condição das estradas brasileiras. Como fazer para que nossa produção não fique parada nas estradas devido aos problemas com o pavimento?

Uma das alternativas para responder essa pergunta é o uso do pavimento rígido, principalmente nos locais onde há a ocorrência de grande volume de tráfego de cargas em geral. E é exatamente o pavimento rígido o tema deste trabalho de conclusão de curso, que tem como objetivo diferencia-lo do pavimento flexível, expor suas vantagens e desvantagens, custos envolvidos e os ganhos que podem ser obtidos com esse tipo de pavimento.

Inicialmente foi feito um estudo teórico sobre o tema, consultando livros e sítios da internet, bem como, pesquisas de campo e com profissionais da área, para aprofundar os conhecimentos das características do pavimento rígido. Logo depois foi escolhido o local de

estudo, que é o Viaduto do DAIA localizado na BR 060/GO km 100,00 e que possui as suas rampas revestidas com este pavimento.

## 1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é ampliar e difundir o conhecimento da pavimentação pelo método rígido, o pavimento de concreto, detalhar seus benefícios e estimular uma ampliação do seu uso dentro da malha rodoviária brasileira.

Tem como objetivo geral analisar e detalhar a pavimentação pelo método rígido, com foco no pavimento utilizado no viaduto do DAIA, localizado na BR 060/153 GO na cidade de Anápolis.

### 1.1.1. Objetivos Específicos

- Apresentar uma visão geral sobre malha rodoviária brasileira;
- Comparar os tipos de pavimentos existentes;
- Descrição do conceito, características físicas e mecânicas associadas ao pavimento rígido;
- Citar algumas técnicas de recuperação do pavimento rígido;
- Estimar o tráfego de veículos no trecho;
- Caracterizar o tipo de solo no trecho a fim de obter dados para o projeto;
- Dimensionar um pavimento rígido para o trecho.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Devido à crescente importância do transporte para a economia e qualidade de vida do brasileiro, vem aumentando a necessidade de estudos que forneça meios de aumentar a qualidade e durabilidade de pavimentos em relação aos pavimentos flexíveis já existentes, levando em consideração os custos envolvidos. Os pavimentos flexíveis atenderam de forma imediata a urgente necessidade de ampliação da malha rodoviária, e por essa falta de um melhor planejamento criou-se um sucateamento das rodovias brasileiras, principalmente pelo alto custo de manutenção.

Uma alternativa que surge para resolver os problemas das rodovias brasileiras é o uso do pavimento rígido, que tem uma melhor qualidade e durabilidade, e que está se tornando

viável economicamente devido aos esforços e investimentos em profissionais e tecnologia no uso do cimento Portland. E levando em consideração a grande quantidade de veículos de cargas pesadas que trafegam pela cidade, saindo do Distrito Agroindustrial de Anápolis (DAIA) e se dirigindo para a BR 153, somando-se com o também enorme volume de veículos de cargas que partem do sul e sudeste do país em direção ao norte, e que vão transitar pelo trevo do DAIA, surge a necessidade da criação de um pavimento que tem uma boa durabilidade, para evitar atrasos e congestionamentos que se formam devido à manutenção que se tornam corriqueiras quando usado o pavimento flexível.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O Capítulo 1 consiste nesta introdução e objetivos gerais e específicos do tema proposto.

O Capítulo 2 apresenta uma visão geral da malha rodoviária brasileira, a sua extensão, evolução, condição atual de conservação e um comparativo com outros países.

O Capítulo 3 apresenta de forma resumida os tipos de pavimentos existentes e faz um comparativo entre suas características para diferencia-los, além de indicar onde e quando cada um deve ser aplicado, considerando a vida útil da rodovia, preço inicial, preço de manutenção, entre outros.

O Capítulo 4 aborda o trecho a ser estudado, Viaduto do DAIA, a região e as Rodovias que abrangem a localidade.

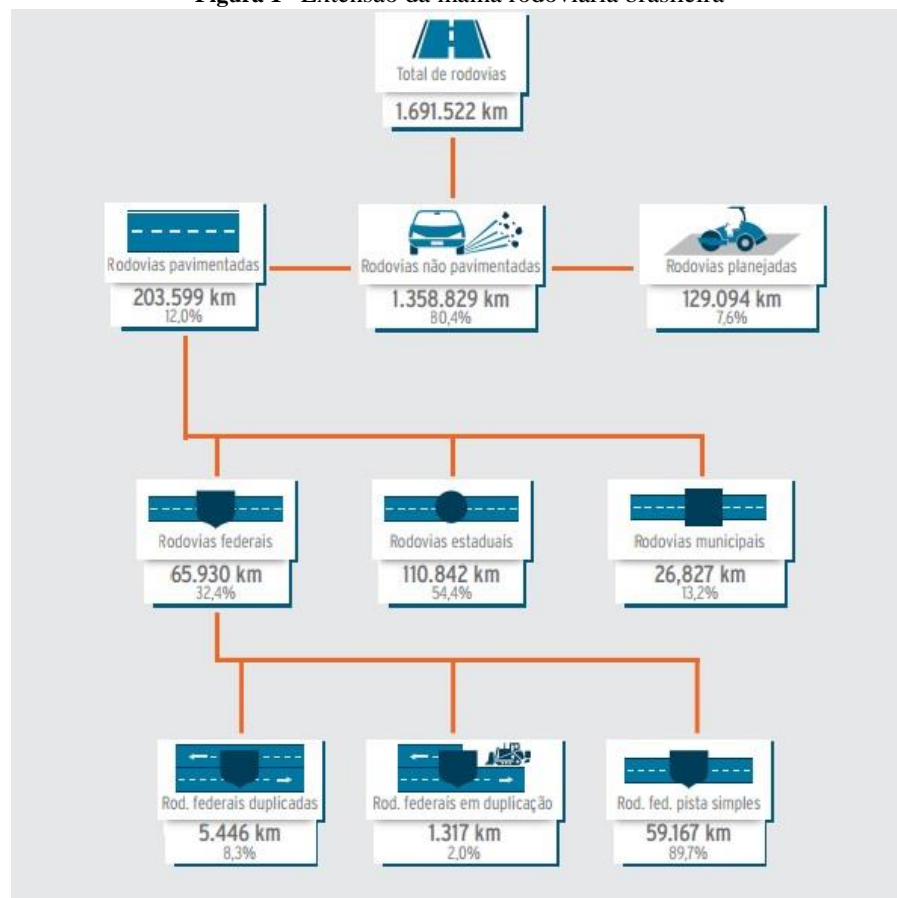
O Capítulo 5 apresenta um dimensionamento do projeto utilizando pavimento rígido para o trecho estudado.

## 2 MALHA RODOVIÁRIA BRASILEIRA

O transporte rodoviário brasileiro é o principal modal utilizado para transportar cargas, cerca de 62% do volume transportado, o que tem desestimulado os investimentos em outros meios de transportes e vem sendo alvo de políticas públicas para tentar diversificar e aumentar a interação entre os transportes rodoviário, ferroviário e hidroviário.

Todo este volume transportado trafega por uma extensa malha rodoviária. Segundo os dados do Sistema Nacional de Viação – SNV2 de 2014, existem, no país, 1.691.522 km de rodovias, dos quais apenas 203.599 km são pavimentados, isto é, 12,0% da malha. Das rodovias pavimentadas, 65.930 km são federais. Destas, apenas 8,2% são de pista dupla (5.446 km) e 1,9% (1.316 km) são vias em fase de duplicação; os demais 89,9% são de pista simples (Figura 1). É importante ressaltar que, embora a presença de pista dupla não seja um pressuposto essencial ao adequado nível de serviço, vias duplicadas propiciam o aumento na capacidade de tráfego e um grau mais elevado de segurança.

Figura 1- Extensão da malha rodoviária brasileira



Fonte: CNT, 2014



Segundo a pesquisa CNT (2014), nos últimos dez anos, a extensão da malha rodoviária federal pavimentada cresceu 13,8%, passando de 57,9 mil km no ano de 2004 para pouco mais de 65,9 mil km no ano de 2014. Esta afirmação pode ser ilustrada pela Figura 2, que traz a extensão das rodovias federais pavimentadas no Brasil, de 2004 a 2014.

**Figura 2-** Evolução da extensão das rodovias federais pavimentadas

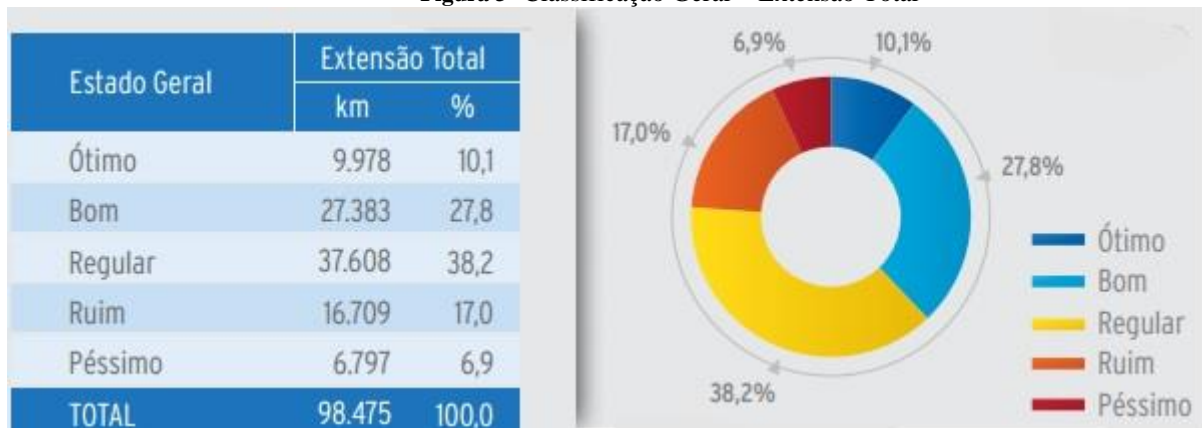


Fonte: CNT, 2014

## 2.1 PROBLEMAS NA MALHA RODOVIÁRIA

A má qualidade das rodovias, motivada em parte por uma insuficiente manutenção, oferece riscos a todos os usuários, e principalmente aos que trafegam com veículos de cargas consideradas perigosas. Implica também custos elevados, sobretudo com a operação dos veículos e com a restauração dos pavimentos, o que decorre de um processo de deterioração que requer soluções técnicas mais robustas e onerosas para a reversão deste cenário (CNT, 2014).

A Figura 3 demonstra bem o problema das condições das estradas brasileiras. Dos 98.475 quilômetros de rodovias pavimentadas analisadas pela pesquisa CNT (2014), 62,1% estão regular, ruim ou péssima e apenas 37,9 possui a condição boa ou ótima.

**Figura 3- Classificação Geral – Extensão Total**

Fonte: CNT ,2014

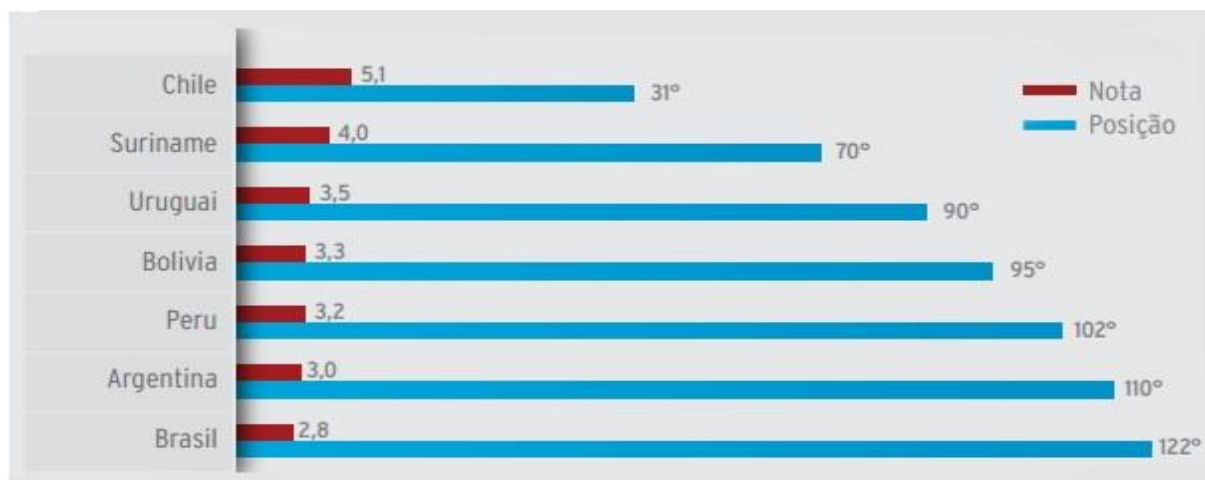
Irregularidades na superfície do pavimento, buracos, trechos destruídos e ausência de acostamento são fatores que podem elevar o risco de acidentes nas rodovias. Além disso, a qualidade do pavimento é um dos principais determinantes do desempenho dos usuários durante suas viagens (CNT, 2014). A Figura 4 demonstra o estado do pavimento das rodovias brasileiras.

**Figura 4- Classificação dos Pavimentos - Extensão Total**

Fonte: CNT, 2014

Segundo o índice de competitividade global do Fórum Econômico Mundial, divulgado em setembro de 2014, a qualidade das rodovias brasileiras encontra-se na 122ª posição de 144 países analisados, atrás de países como o Chile (31ª), Suriname (70ª), Uruguai (90ª), Bolívia (95ª), Peru (102ª) e Argentina (110ª), todos situados na América do Sul. A avaliação da infraestrutura das rodovias utiliza notas que variam de 1 (extremamente subdesenvolvida—entre as piores do mundo) a 7 (extensa e eficiente – entre as melhores do mundo) e compreende o período de 2013 a 2014. No índice de competitividade em questão, o Brasil recebeu a nota 2,8, conforme a Figura 5 a seguir.

**Figura 5-** Ranking de qualidade de rodovias dos países da América do Sul - 2014



Fonte: CNT, 2014

## 2.2 CONCESSÃO DE RODOVIAS

Com 60% de toda a produção nacional de bens sendo transportados pelo modal rodoviário, conforme dados da NTC&Logística (2014), o crescimento da economia brasileira passa, necessariamente, pela exigência de melhorias e de maior segurança e conforto das estradas, sem prejuízo da necessidade de investimentos em outros modais. Nesse contexto, os governos federal e estaduais têm buscado atrair a iniciativa privada para investir na malha rodoviária do País. Uma das formas mais conhecidas de participação são as concessões comuns, em que o poder público contrata com uma empresa privada, por um prazo determinado, a exploração de um trecho rodoviário, sendo a remuneração dos serviços prestados custeada pela tarifa de pedágio que a concessionária é autorizada a arrecadar (ABCR, 2014).

O Programa de Concessões de Rodovias Federais, desde o seu início, em 1994, tem adotado como critério de decisão o valor do pedágio, vencendo aquele que oferecer a menor tarifa para a prestação do serviço. Esse modelo prioriza basicamente a aplicação de recursos na conservação, na recuperação e na operação das rodovias, sem a exigência de grandes investimentos em melhorias ou ampliações dos trechos concedidos (ABCR, 2014).

A transformação dos principais eixos rodoviários de um país em vias autossustentáveis, com volume de tráfego suficiente para serem operadas, mantidas e melhoradas com recursos provenientes da cobrança de pedágio, não é um fenômeno isolado

do Brasil, ocorrendo também na Europa, na Ásia, nas Américas, na África e na Oceania (ABCR, 2014).

Cobrar pelo uso das rodovias é uma tendência mundial decorrente da intensa demanda de recursos públicos para investimentos em saúde, educação, segurança e justiça, além de previdência social. Ademais, a prática possibilita agregar à administração das vias a eficiência de gestão característica das empresas privadas (ABCR, 2014).

Com as rodovias sob gestão privada, na modalidade concessão comum, os trechos concedidos passam a ser financiados apenas pelos seus usuários, diferentemente do que ocorre quando recursos públicos são utilizados na manutenção e na operação de toda a rede de vias, já que neste caso os custos são suportados por todos os contribuintes. Em paralelo, as concessionárias recolhem impostos municipais e federais, com os quais o poder público pode custear outras funções próprias do Estado (ABCR, 2014).

Na Figura 6 podemos ver uma praça de pedágio, em Goianápolis/GO, que é por onde as concessionárias recolhem as tarifas dos usuários que trafegam sob o trecho concedido.

**Figura 6-** Praça de Pedágio na BR-060, em Goianápolis



Fonte: Autor, 2014

No Brasil, as concessionárias privadas têm investido com determinação para assegurar melhores condições de segurança e conforto aos usuários, o que tem

sido reconhecido por diversas pesquisas realizadas tanto por órgãos de imprensa quanto por entidades de alguma forma ligadas à infraestrutura rodoviária (ABCR, 2014).

No início de 2014, a Confederação Nacional dos Transportes (CNT) divulgou a 18ª edição da pesquisa CNT de rodovias, elaborada por 17 equipes de pesquisadores.

Dos 98.475 km avaliados pela Pesquisa CNT de Rodovias 2014, 79.515 km (80,7%) estão sob gestão pública e 18.960 km (19,3%) estão concedidos. Diante dessa segregação, é possível compreender a importância da participação do ente público no que se refere à garantia de qualidade das rodovias brasileiras (CNT, 2014)

A análise do Estado Geral das rodovias evidenciou que 29,3% da extensão administrada pelo governo (23.300 km) foram classificadas como Ótimo ou Bom. Os outros 70,7% (56.215 km) apresentam algum tipo de deficiência e estão classificados como: Regular (42,1%), Ruim (20,2%) e Péssimo (8,4%) (CNT, 2014).

As rodovias concedidas apresentaram resultados melhores onde 74,1% (14.061 km) obtiveram avaliação do Estado Geral positiva, classificados como Ótimo ou Bom. 25,9% estão classificados como Regular, Ruim ou Péssimo (Figura 7) (CNT,2014).

**Figura 7- Classificação do Estado Geral - Gestões Concedida e Pública**

Estado Geral	Gestão Concedida		Gestão Pública	
	km	%	km	%
Ótimo	7.099	37,4	2.879	3,6
Bom	6.962	36,7	20.421	25,7
Regular	4.125	21,8	33.483	42,1
Ruim	657	3,5	16.052	20,2
Péssimo	117	0,6	6.680	8,4
<b>TOTAL</b>	<b>18.960</b>	<b>100,0</b>	<b>79.515</b>	<b>100,0</b>

Fonte: CNT, 2014

A ANTT administra atualmente 21 concessões de rodovias, totalizando 9.969,6 km, sendo cinco concessões contratadas pelo Ministério dos Transportes, entre 1994 e 1997, uma pelo Governo do Estado do Rio Grande do Sul, em 1998, com posterior Convênio de Delegação das Rodovias denunciado e o contrato sub-rogado à União em 2000, oito concessões referentes à segunda etapa - fases I (2008) e II (2009), uma concessão referente à terceira etapa – fase II (2013) e, por fim, seis concessões que são partes integrantes do Programa de Investimentos em Logística, pertencente à terceira etapa – fase III (2013 e 2014) (ANTT, 2014).

A Tabela 1 apresenta um resumo das Concessões contratadas:

**Tabela 1- Concessões contratadas**

<b>Rodovias</b>	<b>Trecho</b>	<b>Extensão (km)</b>
BR-116/RJ/SP (NOVADUTRA)	Rio de Janeiro – São Paulo	402,0
BR-101/RJ (PONTE)	Ponte Rio-Niterói	13,2
BR-040/MG/RJ (CONCER)	Rio de Janeiro – Juiz de Fora	179,9
BR-116/RJ (CRT)	Rio de Janeiro – Teresópolis – Além Paraíba	142,5
BR-290/RS (CONCEPA)	Osório – Porto Alegre	121,0
BR-116/293/392/RS (ECOSUL)	Pólo de Pelotas	457,3
BR-116/PR/SC (AUTOPISTA PLANALTO SUL)	Curitiba – Div. SC/RS	412,7
BR-116/PR - BR-376/PR - BR 101/SC (AUTOPISTA LITORAL SUL)	Curitiba – Palhoça	405,9
BR-116/SP/PR (AUTOPISTA RÉGIS BITTENCOURT)	São Paulo – Curitiba (Régis Bitencourt)	401,6
BR-381/MG/SP (AUTOPISTA FERNÃO DIAS)	Belo Horizonte – São Paulo (Fernão Dias)	562,1
BR-101/RJ (AUTOPISTA FLUMINENSE)	Ponte Rio-Niterói – Div.RJ/ES	320,1
BR-153/SP (TRANSBRASILIANA)	Div.MG/SP – Div. SP/PR	321,6
BR-393/RJ (RODOVIA DO AÇO)	Div. MG/RJ - Entr.BR-116 (Dutra)	200,4
BR-116/324/BA e BA-526/528 (VIABAHIA)	Divisa BA/MG - Salvador - Acesso à Base Naval de Aratu	680,6
BR-101/ES/BA (ECO-101)	Entr. com a BA-698 (acesso a Mucuri) - Divisa ES/RJ	475,9
BR-050/GO/MG (MGO Rodovias)	Entr. com a BR-040 (Cristalina/GO - Divisa MG/SP)	436,6
BR-060/153/262/DF/GO/MG (CONCEBRA )	630,20 km da BR-060 e BR-153, desde o entr. com a BR-251, no DF, até a divisa MG/SP, e 546,30 km da BR-262, do entr. com a BR-153 ao entr. com a BR-381, em MG	1.176,5
BR-163/MS (MS VIA)	Trecho integralmente inserido no estado do MS (início na divisa com o estado do MT e término na divisa com o PR)	847,2
BR- 163/MT (CRO)	Trecho de 822,8 km na BR-163 e 28,1 km na MT-407 (início na divisa com o estado do MS e término no km 855,0, no entroncamento com a MT-220)	850,9
BR-040/DF/GO/MG (Via 040)	Trecho Brasília/DF – Juiz de Fora/MG	936,8
BR-153/TO/GO	Trecho Anápolis/GO (BR-060) até Aliança do Tocantins/TO (TO-070)	624,8
<b>TOTAL</b>	<b>21 Trechos</b>	<b>9.969,6</b>

Fonte: ANTT, 2014

A Figura 8 identifica onde estão localizados os trechos das rodovias federais sob concessão. Percebe-se que a região sul e sudeste é onde se concentra a maior parte das rodovias concedidas, pode-se perceber também que a região nordeste possui apenas um trecho sob concessão.

**Figura 8-** Mapa das concessões contratadas



Fonte: ANTT, 2014

### 3 TIPOS DE PAVIMENTOS

Pavimentar, segundo Balbo (2007), é a atividade de construção de estrutura que visa primordialmente à melhoria operacional para o tráfego, independentemente de sua natureza, na medida em que é criada uma superfície mais regular e mais aderente, características que permitem, respectivamente, maior conforto no deslocamento e mais segurança em condições de pista úmida ou molhada.

BRASIL (2006a, p. 95) define o pavimento da seguinte forma:

O pavimento de uma rodovia é a superestrutura constituída por um sistema de camadas com espessuras finitas, assentes sobre um semi-espaço considerado teoricamente como infinito – a infraestrutura ou terreno de fundação, a qual é designada de subleito.

Pavimento, segundo Balbo (2007), é uma estrutura não perene, composta por camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados, adequada para atender estrutural e operacionalmente ao tráfego, de maneira durável e ao custo mínimo possível, considerando diferentes horizontes para serviços de manutenção preventiva, corretiva e de reabilitação obrigatórios.

O pavimento é destinado econômica e simultaneamente em seu conjunto a:

- Resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego;
- Melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança;
- Resistir aos esforços horizontais que nele atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento (ABNT NBR 7207, 1982).

Para Senço (1997), “a estrutura do pavimento construída sobre a terraplenagem é destinada, técnica e economicamente, a resistir e distribuir os esforços verticais oriundos do tráfego, melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança e resistir aos esforços horizontais de forma a aumentar a durabilidade da superfície de rolamento”.

Souza (1976) diz ainda que, essa superestrutura tem como objetivo fundamental resistir, distribuir e repassar ao subleito as cargas solicitadas à via para qual é dimensionada, melhorando as condições de tráfego quanto à comodidade e à segurança para o usuário.

Em resumo, o pavimento da rodovia tem como funções principais resistir às ações impostas pelo tráfego de veículos, proporcionar conforto e segurança aos usuários, além de



economia aos veículos. O pavimento é constituído de variadas camadas, diferentes entre si, sendo que as camadas superiores são mais resistentes que as camadas inferiores. A razão disso é que o esforço imposto pela ação do tráfego é maior nas camadas mais superficiais, de modo que ao atingir a camada de terraplenagem, grande parte desse esforço já foi absorvida pelas camadas do pavimento.

### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DE PAVIMENTO

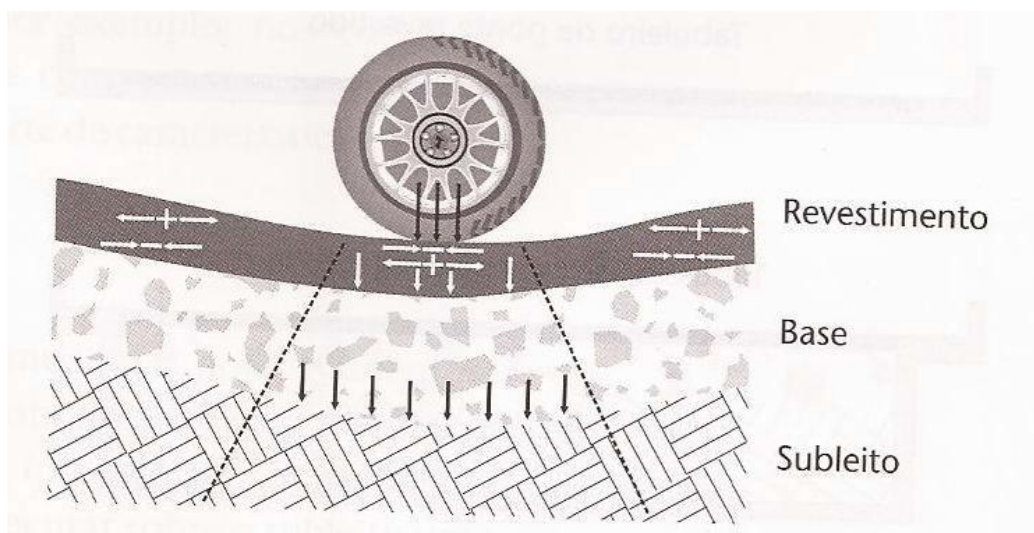
No meio acadêmico, ainda há algumas incertezas no que diz respeito à metodologia de classificação dos pavimentos devido às várias alternativas estruturais existentes e utilizadas amplamente. Genericamente, podemos dividir os pavimentos em Flexíveis, constituídos a base de ligantes asfálticos, e Rígidos, constituídos com cimento Portland, havendo ainda o Semi-rígido, uma classificação intermediária utilizada por alguns autores, e que não será abordado.

#### 3.1.1 Pavimentos Rígidos

Pavimento rígido é o pavimento cuja plataforma é constituída por placas de concreto de cimento Portland não armadas ou eventualmente com armadura sem função estrutural. Estas placas podem ou não desempenhar, simultaneamente, as funções de base e revestimento. Os principais materiais constituintes do pavimento de concreto são agregados minerais, cimentos Portland, água e armadura de aço, os quais devem satisfazer às normas pertinentes e às especificações (DER-SP, 2007).

Ainda, segundo Horonjeff (1966), os pavimentos rígidos são constituídos basicamente por três camadas “revestimento”, “base” e “subleito”. A existência da placa de concreto praticamente absorve toda a solicitação, distribuindo-a em uma grande área. Ao chegar ao subleito, terreno em que se assenta o pavimento, seja ele resultante de corte ou aterro, a carga encontra-se suficientemente amortecida. A Figura 9 ilustra seção típica de um pavimento rígido.

**Figura 9-** Pavimento Rígido - Seção Típica



Fonte: Balbo, 2007

Nesse tipo de pavimento, a camada de revestimento e a camada de base formam uma só camada, construída de concreto de cimento Portland. A sub-base dos pavimentos rígidos é uma camada delgada, com a função de uniformizar o suporte do pavimento, intercalando a camada de concreto e subleito. Normalmente, são utilizados como sub-base materiais granulares, materiais granulares com adição de cimento, ou então, concretos com baixo teor de cimento.

Senço (1997) afirma também que, a pavimentação rígida é caracterizada pela inaptidão à deformação, o qual sofre estruturalmente pela tração na flexão quando deformados. A exemplo deste têm-se os pavimentos constituídos principalmente de concreto de cimento Portland.

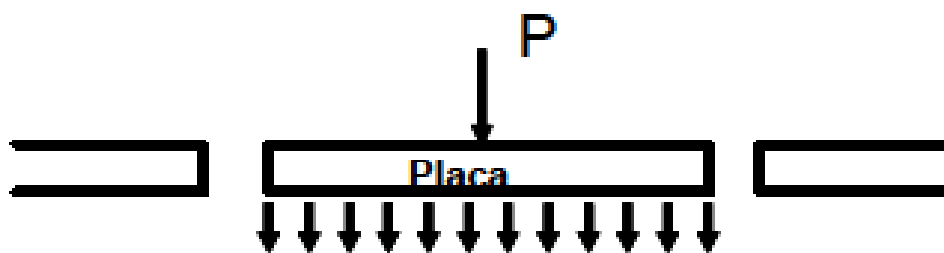
São algumas das características encontradas nas placas de cimento Portland:

- Alta rigidez;
- Alta resistência;
- Pequenas espessuras, definidas em função da resistência à flexão.

Em virtude da maior rigidez da placa de concreto em comparação aos revestimentos betuminosos, as pressões exercidas nessa fundação são muito baixas. Portanto, quanto à resistência, a qualidade exigida não precisa ser tão alta quanto àquela que caracteriza uma base (HORONJEFF, 1966).

As placas do pavimento rígido distribuem as tensões impostas pelo carregamento de forma aproximadamente uniforme, tal como ilustrado na Figura 10:

**Figura 10-** Distribuição do carregamento - Pavimento Rígido



Fonte: Greco, 2010

### 3.1.1.1 História

A palavra cimento é originária do latim *Caementu* que designava um tipo de pedra natural de rochedos. Segundo Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP, a origem do cimento data de aproximadamente 4.500 anos, sendo que alguns dos monumentos antigos do Egito já apresentavam um tipo de liga à base de gesso calcinado. Também, na Grécia e na Itália, se tem relatos do uso de solos vulcânicos com a característica de endurecimento sob a ação da água (ABCP, 2015).

O grande passo no desenvolvimento do cimento foi dado em 1756 pelo inglês John Smeaton, que conseguiu obter um produto de alta resistência por meio de calcinação de calcários moles e argilosos. Em 1818, o francês Vicat obteve resultados semelhantes aos de Smeaton, pela mistura de componentes argilosos e calcários. Ele é considerado o inventor do cimento artificial. Em 1824, o construtor inglês Joseph Aspdin queimou conjuntamente pedras calcárias e argila, transformando-as num pó fino. Percebeu que obtinha uma mistura que, após secar, tornava-se tão dura quanto as pedras empregadas nas construções. A mistura não se dissolvia em água e foi patenteada pelo construtor no mesmo ano, com o nome de cimento Portland, que recebeu esse nome por apresentar cor e propriedades de durabilidade e solidez semelhantes às rochas da ilha britânica de Portland (ABCP, 2015).

Um dos primeiros tipos de cimento a serem utilizados em pavimentação é o chamado concreto rolado e sua primeira utilização foi em 1893 com a pavimentação da Court Avenue, em Bellefontaine, Ohio, EUA. A partir daí seu uso foi intensificado e sua prática foi sendo desenvolvida e aperfeiçoada na Grã-Bretanha por volta dos anos 40. No Brasil, era empregado

em pavimentos urbanos a partir dos anos 50 e nos EUA, na pavimentação de rodovias desde 1952 (DNIT, 2005).

### 3.1.1.2 Aplicação

O pavimento rígido é a opção mais vantajosa nas situações onde o tráfego é excessivamente elevado, como rodovias com alto fluxo de caminhões e carretas, e também corredores de ônibus e praças de pedágios. Porém, no Brasil, o pavimento rígido é pouco utilizado, sendo que a pavimentação flexível é predominante aplicada nas rodovias. Um fator que explica esse fato é o falso pensamento de que pavimentos que tem um custo inicial menor são os mais vantajosos financeiramente, e desconsideram o fato de o pavimento rígido possa ser mais atrativo, ao se considerar a sua baixa manutenção e sua alta vida útil. Podemos exemplificar a utilização do pavimento rígido na Figura 11, que mostra a construção de uma praça de pedágio, em São Paulo, utilizando o pavimento rígido.

**Figura 11** - Praça de pedágio da Rodovia Bandeirantes



Fonte: MasterPlate, 2015

### 3.1.1.3 Subleito

É o terreno de fundação onde será apoiado todo o pavimento. Deve ser considerado e estudado até as profundidades em que atuam significativamente as cargas impostas pelo

tráfego (de 0,60 a 1,50 m de profundidade). Os solos podem ser classificados segundo suas propriedades e seu comportamento. Um dos métodos mais utilizados é o Índice de Suporte Califórnia- CBR (California Bearing Ratio) (DNIT,2005)

#### 3.1.1.4 Regularização do Subleito

É a camada posta sobre o leito, destinada a conformá-lo transversal e longitudinalmente de acordo com as especificações. A regularização não constitui propriamente uma camada de pavimento, sendo, a rigor, uma operação que pode ser reduzida em corte do leito implantado ou em sobreposição a este, de camada com espessura variável. Poderá ou não existir, dependendo das condições do leito.

Compreende cortes ou aterros até 20 cm de espessura (DNIT, 2005).

#### 3.1.1.5 Sub-base

A sub-base dos pavimentos rígidos é uma camada delgada, com a função de uniformizar o suporte do pavimento, intercalando a camada de concreto e subleito. Normalmente, são utilizados como sub-base materiais granulares, materiais granulares com adição de cimento, ou então, concretos com baixo teor de cimento (DNIT, 2005).

#### 3.1.1.6 Base e Revestimento

Nesse pavimento, a camada de revestimento e a camada de base formam uma só camada, construída de concreto de cimento Portland e desempenham as funções das duas camadas, eliminando a necessidade de uma camada diferenciada devido a suas características de estabilidade e resistência (DNIT, 2005).

Esta parte superior do pavimento pode ser executada de várias formas, dependendo do dimensionamento adequado a cada tipo de situação encontrada no trecho. Silva (2008) diz que os revestimentos de concreto podem ser executados das seguintes formas:

- a) Concreto Simples;
- b) Concreto Simples com barra de transferência;
- c) Concreto com armadura distribuída descontínua sem função estrutural;
- d) Concreto com armadura contínua sem função estrutural;

- e) Concreto estruturalmente armado;
- f) Concreto protendido.

### 3.1.1.7 Manutenção de pavimentos rígidos

Segundo o DNIT (2005), os defeitos mais comuns nos pavimentos rígidos estão normalmente associados ao emprego de técnicas executivas e materiais inadequados, aliados à ausência de uma manutenção rotineira requerida por esse tipo de estrutura, e podem ocorrer com diferentes frequências e graus de severidade, que tendem a se agravar com o decorrer do tempo.

No pavimento rígido, os defeitos localizados ocorrem em maior frequência, devido a causas específicas, como por exemplo a degradação uniforme do trecho construído. Estes problemas ocorrem por falhas de projeto de execução ou fadiga do concreto quando se aproxima do fim de sua vida útil (DNIT,2005).

Para que se tenha uma correta avaliação do pavimento, o DNIT criou um método de cálculo que indica o estado de conservação em que se encontra o pavimento. É baseado neste índice que, os órgãos rodoviários e concessionárias de rodovias planejam os programas de recuperação do pavimento. O ICP (Índice de Condição de Pavimento) é quem determina o grau de deterioração do pavimento. De acordo com esta classificação, pavimentos com ICP igual ou maior a 70 não necessitam de um programa recuperação, já os pavimentos com ICP menor que 40 são considerados deficientes ou, praticamente destruídos (DNIT,2005).

O DNIT define a conservação do pavimento como os serviços preventivos ou localizados realizados rotineiramente para corrigir sinais que demonstrem o desgaste ou pequenos defeitos do pavimento. Esses defeitos podem ser apresentados nas juntas de dilatação, nas bordas do pavimento ou até no próprio pavimento em menor parcela.

Podemos citar dentre os serviços de conservação do pavimento rígido os seguintes:

- a) Resselagem de juntas;
- b) Selagem de fissuras;
- c) Recuperação de juntas esborcinadas;
- d) Recuperação de desgaste superficial e escamação parciais;
- e) Alguns reparos que afetam a espessura da placa.

Já para a reabilitação do pavimento é necessário um estudo mais criterioso sobre as condições do pavimento, pois este processo é muito mais trabalhoso e altera de forma significativa a estrutura do pavimento. Neste estudo é necessário que se tenha dados do projeto original, bem como todo o histórico de serviços executados até a data do estudo, mesclados a dados observados em campo, como as condições de drenagem atuais e defeitos, para uma observação inicial da situação. Caso necessário, pode ser solicitado um levantamento complementar, que deverá ser realizado com retirada de corpos-de-prova para uma análise em laboratório (DNIT, 2005).

Segundo o DNIT, os principais dados a serem levantados e analisados são:

- a) Condições globais, ou seja, estruturais e funcionais do pavimento e do acostamento;
- b) Dados sobre o projeto e sobre a execução do pavimento;
- c) Materiais utilizados no pavimento;
- d) Solicitação de tráfego quanto à distribuição e frequência das cargas;
- e) Condições climáticas da região;
- f) Condições da drenagem da via;
- g) Condições de segurança para o tráfego;
- h) Quaisquer outras condições julgadas necessárias.

Segundo o DNIT (2005), o levantamento dos defeitos deve quantificar e identificar todos os tipos e grau de severidades das patologias presentes na estrutura, definindo os métodos e técnicas de reabilitação e os ensaios complementares recomendáveis, pois a avaliação da condição global do pavimento é definitiva na adoção do método de reabilitação do pavimento rígido. A avaliação global do pavimento pode ser dividida em dois grupos, as condições estruturais e as condições funcionais. Estas são as que avaliam a satisfação aos critérios de utilização da via, como o conforto de rolamento, regularidade superficial, resistência a derrapagem, aparência e segurança, já aquela, avaliam a capacidade de suporte da estrutura com relação aos carregamentos impostos à mesma.

Finalizado o recolhimento e avaliação criteriosa dos aspectos mencionados acima, podem ser sugeridas e estudadas as possíveis soluções para a reabilitação do pavimento de acordo com as suas particularidades. A priorização e definição dos serviços a serem executados seguem os seguintes critérios (DNIT, 2005):

- a) Custo/benefício;

- b) Possibilidade de controle e operação do tráfego;
- c) Vida útil mínima prevista para o pavimento reabilitado;
- d) Materiais disponíveis na região;
- e) Geometria das pistas
- f) Disponibilidade de equipamentos e mão-de-obra;
- g) Política global de prioridades da malha rodoviária.

Levando em consideração os critérios acima, a escolha da metodologia executiva para a reabilitação do pavimento já pode ser adotada. As principais técnicas de reparação e de prevenção de alguns tipos de defeitos em pavimentos rígidos são demonstradas no Quadro 1.

**Quadro 1-** Metodologias de Reparação e Prevenção dos principais defeitos em Pavimentos Rígidos

<b>Tipo de defeito</b>	<b>Técnica de Reparação</b>	<b>Técnica de Prevenção</b>
Bombeamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivelamento por meio de injeção.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resselagem de juntas;</li> <li>• Restauração da capacidade de transferência de carga;</li> <li>• Recomposição da drenagem;</li> <li>• Recomposição do acostamento.</li> </ul>
Escalonamento de juntas (degraus)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fresagem ou escarificação;</li> <li>• Alçamento de placa por meio de injeção;</li> <li>• Reforço do pavimento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivelamento por meio de injeção;</li> <li>• Resselagem de juntas;</li> <li>• Restauração da capacidade de transferência de carga;</li> <li>• Recomposição da drenagem;</li> <li>• Recomposição do acostamento.</li> </ul>
Fissuras Lineares	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparos que abrangem toda a espessura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivelamento por meio de injeção;</li> </ul>
Placas divididas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconstrução da placa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Restauração da capacidade de transferência de carga;</li> <li>• Reforço do pavimento.</li> </ul>
Esborcimento de Juntas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparos que não abrangem toda a espessura da placa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resselagem de juntas.</li> </ul>
Alçamento de placas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparos que abrangem toda a espessura da placa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abertura de juntas de alívio;</li> <li>• Resselagem de junta de</li> </ul>
Quebras localizadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparos que abrangem toda a espessura da placa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivelamento da placa por meio de injeção;</li> <li>• Construção do acostamento rígido</li> <li>• Restauração da capacidade de transferência de carga;</li> </ul>

Fonte: DNIT, 2005



### 3.1.2 Pavimento Flexível

É aquele em que todas as camadas sofrem deformações elásticas significativas (daí o nome flexível). Essa deformação se justifica pelo fato de os esforços produzidos pelo tráfego dos veículos se distribuírem em parcelas aproximadamente equivalentes à resistência de cada camada.

Observando a malha rodoviária brasileira é fácil perceber a grande preferência pela utilização do pavimento flexível em nossas rodovias, os projetistas e construtores em sua grande maioria utilizam dessa metodologia de pavimentação. Alguns dos fatores que contribuem para essa ampla preferência são os históricos, geográficos e culturais, por isso é extremamente necessário um bom estudo do mesmo, para que se possa analisar a melhor utilização dos pavimentos, e qual a viabilidade para escolher outros métodos de pavimentação. A Figura 12 ilustra uma rodovia, na BR-414/GO em Anápolis, com a utilização do pavimento flexível.

**Figura 12-** Pavimento Flexível



Fonte: Autor, 2014

Segundo Senço (1997), os pavimentos flexíveis são aqueles que possuem deformações, até certo limite, e que não levam a ruptura da estrutura. Este pavimento é dimensionado tanto a compressão, como também a tração na compressão, e os carregamentos oriundos do tráfego dão origem a bacias de deformações, o que ocasiona a estrutura uma deformação permanente e leva ao rompimento por fadiga.

A diferença entre os pavimentos rígidos e flexíveis não se dá apenas pelo tipo de revestimento, mas também e principalmente pela forma como os esforços são distribuídos para as camadas inferiores. De acordo com a NBR 7207/82 da ABNT todas as camadas que constituem o pavimento sofrem uma significativa deformação elástica sob o carregamento aplicado e, desta forma, a carga é distribuída em parcelas aproximadamente equivalentes entre todas as camadas, como demonstrado na Figura 13.

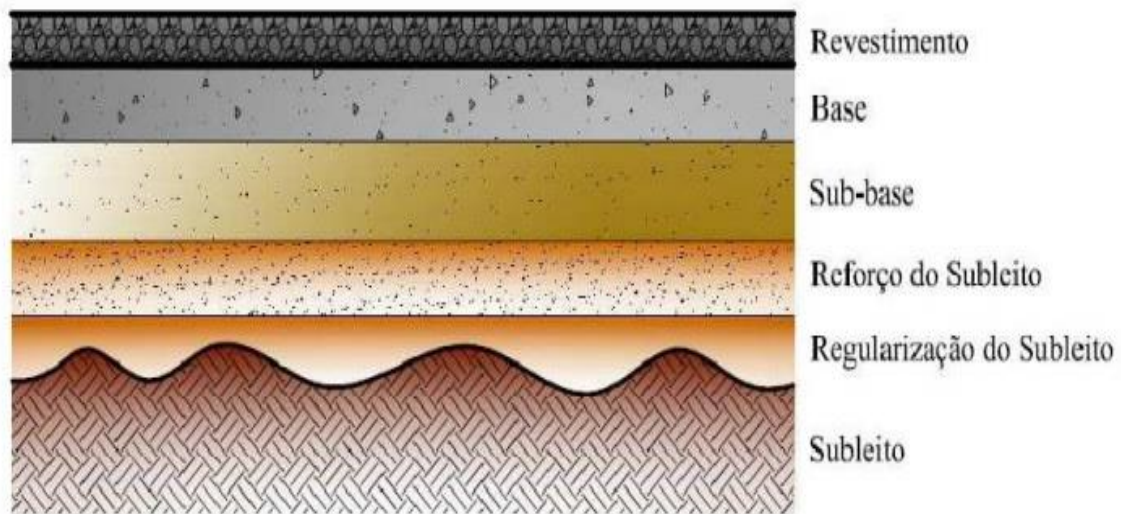
Figura 13- Distribuição dos esforços em pavimentos flexíveis



Fonte: (DNIT, 2006).

Horonjeff (1996) estabelece as camadas que podem constituir um pavimento flexível, que são: Revestimento, base, sub-base e subleito. Adicionalmente, Balbo (2007) cita a camada de “reforço de subleito”. A Figura 14 demonstra a seção típica das camadas de um pavimento flexível.

Figura 14 - Seção típica do pavimento flexível



Fonte: NECKEL, 2008

#### 3.1.2.1 Subleito

O subleito exerce a mesma função tanto no pavimento flexível, como no pavimento rígido. Senço (1997) caracteriza o subleito como o terreno da fundação do pavimento, mas esta descrição limita-se apenas à camada superficial do terreno, visto que os esforços transmitidos sobre o subleito são dispersos poucos metros abaixo do solo, desta forma, tornado desprezível o efeito que atua nas camadas inferiores. Balbo (2007) diz ainda que, esta camada deve oferecer características necessárias ao suporte do pavimento, existindo a necessidade de compactação ou até substituição do material original para que a camada exerça a sua função de forma eficaz.

#### 3.1.2.2 Regularização do subleito

Esta camada, também conhecida como preparo do subleito, possui uma espessura irregular de aterro compactado, e que tem como função proporcionar ao subleito as características geométricas de projeto para a rodovia, minimizando custos não necessários com subleitos irregulares que sejam altamente resistentes (Senço, 1997).

Algumas observações importantes:

a) A regularização deve ser executada previa e isoladamente da construção de outra camada do pavimento.

b) Cortes e aterros com espessuras superiores a 20 cm devem ser executados previamente a execução da regularização do subleito, de acordo com as especificações de terraplenagem DNIT 105/2009- ES (Caminhos de Serviços), DNIT 106/2009-ES (Cortes), DNIT 107/2009-ES (Empréstimos) e DNIT 108/2009-ES (Aterros).

c) Não deve ser permitida a execução dos serviços em dias de chuva.

### 3.1.2.3 Reforço de subleito

É uma camada de construída, se necessário, acima do subleito, com características tecnológicas superiores às da camada final de terraplenagem e inferiores às da camada imediatamente superior, ou seja, a sub-base. Devido ao nome de reforço do subleito, essa camada é, às vezes, associada à terraplenagem. No entanto, o reforço do subleito é parte integrante do pavimento e tem funções de complemento da sub-base. Assim, o reforço do subleito também resiste e distribui esforços verticais, não tendo as características de absorver definitivamente esses esforços, o que é característica específica do subleito.

O uso dessa camada é facultativo, pois as outras camadas superiores podem suprir sua necessidade, mas considerando o lado econômico, o reforço do subleito é uma opção mais viável que aumentar a espessura das demais camadas (Balbo, 2007).

### 3.1.2.4 Sub-base

É a camada complementar à base, quando, por circunstâncias técnicas e econômicas, não for viável a construção da base diretamente sobre a regularização ou reforço do subleito. Com algumas exceções (pavimento de estrutura invertida), o material integrante da sub-base deverá ter características tecnológicas superiores às do reforço do subleito e do subleito.

De acordo com Balbo (2007), a sub-base tem a função de resistir e repassar os esforços aplicados sobre as camadas inferiores, além disso, a camada atua na drenagem do pavimento. A sub-base se torna necessário quando, ao dimensionar o pavimento, a camada de base possui demasiada espessura a fim de resistir aos esforços, desta forma, torna-se economicamente viável dividir esta camada em duas, onde a sub-base é composta de materiais de menor custo.

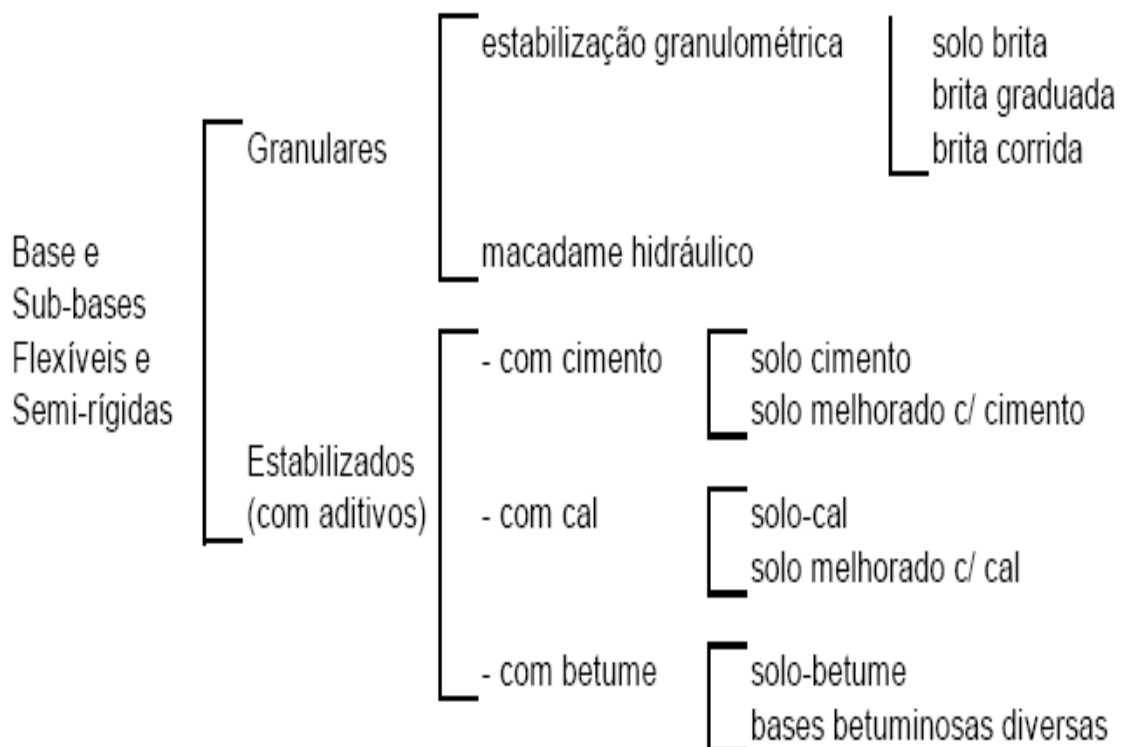
### 3.1.2.5 Base

É a camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego e distribuí-los à camada adjacente. Deve possuir características tecnológicas superiores à da sub-base (DNIT, 2006).

Senço (1997) define a base como a camada que possui a função contínua de distribuir as cargas oriundas das camadas superiores, que no caso da base, a única camada acima é o revestimento, fazendo com que a camada responda mais diretamente aos carregamentos verticais do tráfego da via.

Assim como as camadas de sub-base, as bases podem ser constituídas de diversos tipos de materiais (solo-brita, solo misturado com brita, solo aditivado com cimento ou cal, macadames, etc.). Conforme as características geológicas da região. Esses materiais são citados na Figura 15.

**Figura 15** - Classificação das Bases e Sub-bases



### 3.1.2.6 Revestimento

O revestimento, também conhecido como capa de rolamento, é a camada impermeável que recebe diretamente a ação do tráfego e tem a função de melhorar a superfície de rolamento quanto às condições de conforto e segurança, além de resistir ao desgaste (esforços horizontais), portanto, aumentando a durabilidade da estrutura. O revestimento é a camada mais nobre do pavimento, por isso, é constituída de material mais qualificado, apto a garantir eficiência no seu comportamento, e, ainda, é a camada de maior custo de execução (DNIT, 2006).

Apesar de ser a mais onerosa dentre as demais, o revestimento tem em seu dimensionamento critérios específicos e que podem garantir a estas espessuras demasiadas, desta forma, forçando o projetista a procurar soluções que possam ser aplicadas nas demais camadas da estrutura a fim de manter a construção economicamente viável (Senço, 1997).

De acordo com Balbo (2007), existem classificações dentro desta camada que diferenciam a aplicação do revestimento asfáltico, como a camada de rolamento, diretamente ligada aos esforços externos e intempéries, a camada de ligação, realizando a conexão entre a anterior e a base do pavimento, camada de nivelamento, utilizada na correção pontual da pista quando se faz necessário à manutenção, e a camada de reforço, chamada de recapeamento e realizada após pavimentação prévia com a função de renovação e reforço do revestimento.

### 3.1.2.7 Metodologia de implantação

A pavimentação, ao deparar-se com muitos problemas em diversas regiões, diversifica seus métodos, processos, e materiais, tornando-se impossível a síntese de uma única metodologia para implantação de um pavimento flexível. Considerando que a estrutura é constituída por diferentes camadas, algumas podendo ser desnecessárias, constituídas por diversos materiais, propõe-se a metodologia de implementação de alguns desses materiais, que são escolhidos por serem mais amplamente reconhecidos. Para melhor organização e entendimento das principais metodologias utilizadas na pavimentação flexível, as mesmas foram separadas, diferenciando as que envolvem em seu processo o uso de ligantes hidráulicos ou asfálticos, e as que não os utilizam.

### 3.1.2.7.1 *Camadas sem ligantes*

Nessas camadas não é necessário a utilização de um ligante, visto que o preenchimento dos vazios é executado por partículas menores ou outros materiais, desta forma, as camadas contam apenas com a compactação, granulometria e interligação dos grãos.

#### a) Bica Corrida

A Bica Corrida consiste em material britado não graduado, ou seja, que não necessita de um processo de classificação quanto ao diâmetro. Normalmente é utilizado em base ou sub-bases de vias com tráfego de baixo a médio porte.

No que diz respeito à metodologia de implantação, primeiramente é necessário transportar o material até o seu destino. No local, é realizado o espalhamento, com motoniveladora ou distribuidor de agregados, e umedecimento da camada, através de caminhão-pipa. A compactação finaliza o processo, sendo esta realizada com rolo de pneu com 2,5 toneladas por roda ou rolo liso de 3 toneladas (Balbo, 2007).

#### b) Macadame Hidráulico

Consiste de uma camada de brita de graduação aberta de tipo especial (ou brita tipo macadame), que, após compressão, tem os vazios preenchidos pelo material de enchimento, constituído por finos de britagem (pó de pedra) ou mesmo por solos de granulometria e plasticidade apropriadas. O preenchimento da camada mais grossa por meio de agregados miúdo e feito com intervenção de água, sob pressão.

Ao se utilizar o Macadame Hidráulico, espalha-se e compacta-se o agregado graúdo no local com o auxílio de pás-carregadeiras, motoniveladoras e rolos lisos de 10t à 12t para estabilizá-lo. Somente então é aplicado o agregado miúdo, espalhando-o e preenchendo os vazios para ser compactado novamente. Logo após, ainda é realizado novo espalhamento de finos com o auxílio de água e mais uma última compactação (Balbo, 2007).

### c) Brita Graduada Simples

Trata-se de material britado com um rigoroso controle no que diz respeito à granulometria, misturando agregados de diferentes faixas de diâmetro para alcance de uma maior estabilidade ao ser compactado. É utilizado em base e sub-bases para pavimentos projetados visando quaisquer níveis de tráfego.

Na aplicação, é extremamente necessário o controle da mistura, em usina, dos agregados de granulometrias diferentes com a adição de água. Após o transporte e disposição do material no local indicado, o espalhamento do mesmo é realizado da mesma forma que a Bica Corrida, assim como a compactação posterior, realizada em condições iguais. Destaca-se o cuidado para a não segregação da parcela de finos da Brita Graduada Simples durante o transporte e aplicação (Balbo, 2007).

#### 3.1.2.7.2 Camadas com ligantes

Nestas camadas, a ligação entre agregados é garantida pelo uso de material aglutinante, garantindo uma melhor interligação e características diferenciadas à camada. A Figura 16 mostra os tipos de materiais betuminosos apropriados para cada tipo de revestimento.

**Figura 16-** Materiais Betuminosos

<b>Tipo de serviço</b>	<b>Ligante Betuminoso</b>
Imprimação	CM-30; CM-70
Pintura de Ligação	RR-1C; RR-2C; RM-1C; RM-2C; RL-1C
Tratamento Superficial	CAP-150/200; CAP-7
Macadame Betuminoso	RR-1C; RR-1C; RR-1; RR-2
Pré-misturado a Frio	RM-1C; RM2C; RM-1; RM-2; RL-1C; RL-1
Pré-misturado a Quente	CAP-85/100; CAP-20; CAP-50/60; CAP-40; CAP-30/45
Concreto Bet. Usinado a Quente	CAP-85/100; CAP-20; CAP-50/60; CAP-40; CAP-30/45
Areia Asfalto a Quente	CAP-85/100; CAP-20; CAP-50/60; CAP-40; CAP-30/45
Lama Asfáltica	LA-1C; LA-2C; LA-1; LA-2; LA-E
Solo Betume	RL-1C; LA-1C; LA-2C



a) Concreto betuminoso usinado a quente

O DNIT (2006) define o concreto betuminoso usinado a quente como a mistura executada a quente, em usina apropriada, com características específicas, composta de agregado graduado, material de enchimento (fíler) se necessário e cimento asfáltico, espalhada e compactada a quente.

O concreto asfáltico pode ser empregado como revestimento, camada de ligação (binder), base, regularização ou reforço do pavimento.

A maioria das aplicações do concreto asfáltico são para revestimentos e camadas de ligação (binder).

O concreto asfáltico somente deve ser fabricado, transportado e aplicado quando a temperatura ambiente for superior a 10°C.

A metodologia que garante a qualidade deste revestimento inicia-se desde sua produção na usina, onde os agregados são dosados e secos para serem aquecidos á temperaturas próximas á do CAP para usinagem sem reduzir a temperatura da mistura. No local de pavimentação, o CBUQ deverá ser aplicado com temperaturas de 140°C à 145°C, para isso devem ser observados alguns fatores, como clima e transporte, mantendo as características desejáveis do pavimento (DNIT, 2006). A Figura 17 demonstra a aplicação do CBUQ com o auxílio das acabadoras.

Figura 17- Acabadora de asfalto



#### b) Pré-misturado a Frio

Pré-misturado a frio com emulsão asfáltica convencional, é a mistura executada a temperatura ambiente, em usina apropriada, composta de agregado mineral graduado, material de enchimento (fíler) e emulsão asfáltica, para espalhamento e compressão a frio.

Ou seja, é uma mistura, em equipamento apropriado, de agregados minerais e emulsão asfáltica, espalhado e comprimido a frio (temperatura ambiente).

O PMF também possui fíler.

O PMF pode ser utilizado como camada de regularização, como reforço, como base ou como revestimento, além de serviços de conservação, como tapa-buraco e recomposição do revestimento.

O Pré-misturado a frio deve ser medido em metros cúbicos, considerando o volume efetivamente executado.

#### c) Pré-misturado a Quente

Esta mistura assemelha-se muito ao CBUQ, no entanto, o controle qualitativo dos materiais empregados não é tão rígido, facilitando e barateando o processo produtivo, visto que não há finos na maioria das misturas. É mais utilizado como camada de ligação.

A metodologia executiva segue a mesma linha do concreto asfáltico, utilizando-se de vibro-acabadoras para distribuir e compactar. Neste caso é possível a utilização de motoniveladoras para distribuição desde que tomados certos cuidados (Balbo, 2007).

#### d) Tratamentos Superficiais

Este é um processo mais simples de revestimento, onde não é realizado nenhum tratamento em usina para sua execução. Trata-se de mistura entre agregados e asfalto aplicados sobre base ou revestimento já existente como recapeamento.

O tratamento simples, executado com o objetivo primordial de impermeabilização ou para modificar a textura de um pavimento existente, é denominado capa selante.

Basicamente, os tratamentos superficiais são constituídos de uma aplicação de ligante asfáltico coberta por uma camada de agregado mineral, submetida à compressão.

Desse modo, o tratamento superficial simples, por exemplo, consiste em uma camada de ligante asfáltico e de agregados, apenas. O tratamento duplo é constituído de duas camadas de cada material, e o triplo, três.

#### e) Macadame Betuminoso

O DNIT (2010) define o macadame betuminoso como uma camada de pavimento realizada por intermédio de duas aplicações alternadas de ligante asfáltico sobre agregados de tamanho e quantidades especificadas; é espalhada, nivelada e comprimida na pista. Também é conhecida como base negra.

O macadame betuminoso pode ser empregado como base, reforço ou camada de revestimento com selagem, obedecendo as indicações próprias de projeto.

Quando o macadame for utilizado como revestimento, será executado um espalhamento de agregados com tamanho e quantidade especificados.

#### 3.1.2.8 Manutenção

Todo pavimento tem sua vida útil planejada de acordo com o projeto específico para seu dimensionamento, porém, durante este prazo de aproveitamento, surgem defeitos no pavimento que caracterizam a perda das propriedades necessárias para o uso dos usuários, sendo necessário o processo de revitalização ou reforço da estrutura, definido como manutenção do pavimento.

Segundo Greco (2010), a avaliação do desempenho estrutural de pavimentos flexíveis deve considerar dois fatores que são:

Deformações plásticas ou permanentes: podem ser identificadas pelo surgimento de depressões longitudinais ao longo das trilhas de rodagem, normalmente acompanhadas por elevações laterais. As deformações permanentes ocorrem devido à ação combinada de compressão e deformação por cisalhamento dos materiais constituintes das diversas camadas do pavimento, incluindo o subleito.

Deformações elásticas ou resilientes: Ocorrem devido a repetição das cargas, que gera as trincas por fadiga. Em condições normais, a camada de concreto asfáltico tende a voltar a sua posição original após o término do carregamento, recuperando parte considerável da deformação sofrida. Entretanto, quando ocorrem deformações cíclicas sob repetidas cargas, o concreto asfáltico sofre o fenômeno de fadiga.

Para a classificação dos defeitos em pavimentos flexíveis, utiliza-se a norma DNIT 005/2003, e Bernucci *et al.* (2007) cita como sendo alguns dos principais defeitos: fendas, afundamentos, corrugação e ondulações transversais, exsudação, desgaste ou desagregação, panela ou buraco e remendos.

### 3.2 COMPARATIVO ENTRE OS PAVIMENTOS

Após a exposição dos dados e características particulares da cada tipo de pavimentação, podemos fazer um comparativo entre eles, utilizando todos os dados e particularidades apresentadas, obtendo então, um comparativo sólido, levando em conta os aspectos tecnológicos, e desconsiderando os aspectos culturais que são os principais responsáveis pelo uso predominante do pavimento flexível em detrimento ao rígido.

De acordo com Bianchi (2008), estruturalmente, a pavimentação flexível apresenta uma maior complexidade em relação a pavimentação rígida, isto se dá porque existe uma maior interação entre as camadas motivada pela forma de como os esforços são absorvidos pelo pavimento flexível. No pavimento rígido, apesar de a sua estrutura ser menos complexa, tem-se um maior rigor na construção de suas camadas. Daí entende-se que o pavimento rígido deve ser indicado onde há a presença de solos com baixa resistência, ou seja, onde teria a necessidade de se executar grandes serviços de melhoramento do solo para o suporte de uma rodovia, estes serviços poderiam ser amenizados pela estrutura mais estável do pavimento rígido. Por outro lado, a pavimentação flexível é mais indicada no caso de solos mais resistentes, que tem a capacidade de suportar cargas de tráfego, reduzindo uma boa parcela dos serviços e camadas necessárias para este método de pavimentação, simplificando e tornando-o menos dispendioso.

No que diz respeito aos materiais utilizados, vemos que nas misturas dos dois pavimentos as características assemelham-se entre si, no caso do solo e de agregados, e se diferem nas características relacionadas ao tipo de aglomerante usado, que é o principal componente em qualquer mistura (BIANCHI, 2008).

Levando em consideração os materiais e metodologia de aplicação de ambos os métodos de pavimentação, é sabido que, na implantação da via, a pavimentação flexível possui uma grande vantagem do ponto de vista econômico em relação ao pavimento rígido, porém, se considerar o tempo de vida útil e a necessidade de manutenção pode-se sugerir a pavimentação rígida para várias situações (BIANCHI, 2008).

Mesmo com suas diferentes metodologias na construção, ambos os pavimentos compartilham algumas características iguais, tais como o desgaste, falhas no projeto e execução, falta de observância nos carregamentos permitidos nas vias e ações climáticas, mas que afetam de forma e em níveis diferentes. Desta forma, para uma correta comparação, devemos considera-los nas mesmas condições, ou seja, mesmo trânsito, mesmo clima, execução correta em ambos, e observando tais condições o concreto, que é o revestimento rígido, possui uma elevada vida útil se comparado com as misturas betuminosas, causando uma menor possibilidade de surgimento de patologias ao longo do tempo (BIANCHI, 2008).

Outro fato importante apontado por Bianchi (2008), e que deve ser observado é o custo da manutenção e a interferência ocasionada no fluxo da rodovia. O custo de reparos na pavimentação rígida é maior, porém a manutenção é menos frequente e desta forma, diminuindo o incômodo ocasionado nos usuários da via. No caso do pavimento asfáltico o custo é menor, porém, a alta frequência de reparos, principalmente tapa-buracos, ocasiona uma maior interrupção no tráfego e até um custo maior ao longo do tempo.

Com isso, concluímos que geralmente a pavimentação rígida possui um melhor custo-benefício, principalmente onde o clima é chuvoso, e em localidades de alto fluxo de veículos pesados, que levariam a um grande desgaste no pavimento asfáltico. Desta forma o baixo custo de manutenção compensa o maior investimento na implantação do pavimento rígido (BIANCHI, 2008).

## 4 ESTUDO DE CASO – VIADUTO DO DAIA

Com o intuito de apresentar a região onde foi construído o Viaduto do Daia, esse capítulo foi dividido em quatro partes, sendo a primeira uma breve apresentação da cidade de Anápolis, uma cidade que recebe grandes investimentos e tem uma boa expectativa de crescimento no futuro. A segunda parte traz informações a cerca da BR-060, rodovia esta que recebeu o viaduto. No trecho em estudo, a rodovia BR-060 é coincidente com a BR-153, objeto da terceira parte deste capítulo. E ao final, é apresentado o Distrito Agro industrial de Anápolis, objeto maior que motivou a construção do viaduto, com a indicação dos motivos que foram responsáveis por essa necessidade.

### 4.1 REGIÃO DE ESTUDO

O viaduto em questão está localizado na cidade de Anápolis, que pertence à Mesorregião do Centro Goiano e à Microrregião de Anápolis. Localizada entre duas grandes capitais, fica a 48 km de Goiânia e 139 km de Brasília. Pertence ao eixo Goiânia-Anápolis-Brasília, a aglomeração mais populosa e o principal polo urbano do Centro-Oeste brasileiro. Está situado no Planalto Central a uma altitude de 1.017 metros e conta com um clima tropical com estação seca. É o terceiro município mais populoso do Estado, sendo que sua população é de 342.347 habitantes, de acordo com estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2012. Importante pólo industrial e logístico do Centro-Oeste, possui um produto interno bruto de aproximadamente 10 bilhões de reais, o segundo maior de Goiás. É considerada a mais competitiva cidade do Estado, com destaque nos quesitos: riqueza econômica, logística e infraestrutura tecnológica. A cidade se firmou como polo industrial, com destaque para o ramo farmacêutico, depois da instalação do Distrito Agroindustrial, em 1976. Anápolis é apontada como uma das vinte cidades brasileiras do futuro, em razão de seu grande potencial logístico. É cortada pelas rodovias BR-153 e BR-060 e pela Ferrovia Centro-Atlântica (ANÁPOLIS, 2015).

### 4.2 BR-060

A BR 060 é uma rodovia federal radial. Seu ponto inicial, como todas as rodovias radiais, fica localizado na cidade de Brasília (DF), e seu ponto final, na cidade de Bela Vita

(MS), na fronteira com o Paraguai. A BR percorre o Distrito Federal e os Estados de Goiás e Mato Grosso do Sul. Atualmente, todo o trecho da BR está asfaltado, além de estar duplicado no trecho entre Brasília e Jataí, tendo sido concedidos para a empresa Triunfo o trecho entre Goiânia e Brasília.

O viaduto do Daia está localizado no trecho da BR-060, entre Brasília e Goiânia, e é um espelho de desenvolvimento de uma região que cresce a taxas chinesas, avança pelo Planalto Central e se consolida como o maior mercado do país fora do eixo Rio-São Paulo. As riquezas produzidas no caminho que divide dois centros consumidores em franco crescimento já respondem por um Produto Interno Bruto (PIB) estimado em cerca de R\$ 230 bilhões, em valores atuais. É como se cada quilômetro da rodovia movimentasse mais de R\$ 1 bilhão por ano (CORREIO BRAZILIENSE, 2015).

Cerca de 9 milhões de pessoas vivem hoje ao longo dos 209km do eixo Brasília-Anápolis-Goiânia. A soma supera o número de habitantes das regiões metropolitanas de Porto Alegre e Recife e faz do corredor a terceira maior aglomeração do Brasil. Segundo projeções demográficas, a população deve mais que dobrar em 20 anos e alcançar, em 2030, o total de 20 milhões de pessoas. Especialistas preveem que a malha urbana entre as capitais federal e de Goiás se entrelace em uma velocidade assustadora nos próximos anos (CORREIO BRAZILIENSE, 2015).

#### 4.3 BR-153

A BR-153 no trecho entre Goiânia e Anápolis é coincidente com a BR-060, por isso a necessidade de também apresentá-la e expor um pouco da sua história e importância para a região. O viaduto do Daia está localizado aproximadamente no Km 453 da BR-153/GO.

De acordo com a Galvão Rodovias (2015), a BR-153, conhecida também como Rodovia Transbrasiliana, Rodovia Belém-Brasília e Rodovia Bernardo Sayão, é a quinta maior rodovia do país, e faz ligação entre as cidades de Marabá (PA) e Aceguá (RS), totalizando 4.355 quilômetros de extensão. É a principal ligação do Meio-Norte brasileiro com a região geoeconômica Centro-Sul, sendo o principal corredor de escoamento da produção rural de várias cidades do interior do Norte e Centro-Oeste brasileiro. Motivado por esse fator, e somado ao grande fluxo de veículos, a BR-153 é uma das principais rodovias de integração nacional. A Figura 18 mostra um trecho da rodovia BR-153 em Jaraguá/GO.

**Figura 18-** Rodovia BR-153



Fonte: Autor, 2015

#### 4.4 DISTRITO AGROINDUSTRIAL DE ANÁPOLIS

O Distrito Agroindustrial de Anápolis (Daia) está localizado a 54 quilômetros da capital do estado de Goiás (Goiânia), e vem se destacando no setor industrial do Brasil, por abrigar grandes e importantes indústrias e atrair novos investimentos e, principalmente por oferecer total infra-estrutura. O Daia abrange uma área de mais de 1700 hectares e conta com quase 100 empresas de médio e grande porte, destacando-se empresas como a Hyundai, TEUTO e Brainfarma. Além disso, gera mais de 8 mil empregos diretos e apresenta perspectivas de novas instalações em um futuro próximo (ACIA, 2015).

A história do Daia teve início em 9 de novembro de 1976, com a inauguração do pólo industrial que viria a ser o segmento que mais recebeu investimentos em todo o município de Anápolis. Em meados de 1980, o governo estadual instituiu um programa que concederia benefícios fiscais às empresas que se instalassem no local, chamado de “Programa Fomentar”, que veio a ser substituído hoje pelo Programa Produzir, que proporciona até 100%



de financiamento além da isenção de impostos (ACIA, 2015). A Figura 19 traz uma imagem da entrada do Distrito Agroindustrial de Anápolis.

**Figura 19-** Vista aérea do Daia



Fonte: Autor, 2014

Dentre as vantagens que estimulam o desenvolvimento contínuo do Daia, destaca-se o Porto Seco instalado no local, a localização do quilômetro zero da Ferrovia Norte-Sul, Plataforma Multimodal, que está em construção, o sistema de capacitação e de tratamento de água próprios, com capacidade para 590.000 metros cúbicos, sistema exclusivo de energia elétrica, central telefônica, a construção do Centro de Convenções de Anápolis e Aeroporto de Cargas, e a localização privilegiada do Daia, que está no coração do Brasil (ACIA, 2015).

Com a enorme quantidade de trabalhadores circulando no local atualmente, somando com a boa perspectiva de aumento de empresas e empregos no Daia, surgiu-se a necessidade de intervenção no seu trevo de acesso. Considerando que a grande maioria dos veículos que acessam o DAIA vem da cidade de Anápolis, mais precisamente pela Av. Brasil, gerou-se diariamente grandes congestionamentos no ponto de interseção com a BR 060/153/GO, localizado no Km 100,1. A partir daí deu-se início o projeto para adequação de capacidade e eliminação de ponto crítico com a construção de um viaduto.

## 5 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO RÍGIDO PARA O VIADUTO DO DAIA

Para a pista do viaduto do Daia, o pavimento escolhido foi o rígido, pois há a necessidade de evitar a manutenção do local, visto que uma eventual interdição para manutenção do mesmo ocasionaria diversos transtornos para o usuário, visto a quantidade de veículos que trafegam no local.

Para o dimensionamento do pavimento, foi escolhido o Método PCA/84, que tem como base a verificação do consumo de fadiga e erosão das alternativas de composição do pavimento e com as respectivas espessuras.

O DNIT (2004) define o método Portland Cement Association (PCA), dos EUA, como um método clássico, que tem a seu favor a extensa experiência prática levada a efeito nas mais diferentes regiões do mundo, e que se fundamenta no Modelo de Fadiga de Concreto e no sistema de análise estrutural ligado ao caso das placas elásticas apoiadas em fundações contínuas.

### 5.1 ESTUDO DE TRÁFEGO

Para o projeto do viaduto, foi feito um estudo de tráfego que tinha como intensão determinar o tráfego médio diário nos trechos da BR-060/153. Considerou-se este estudo para dimensionamento do pavimento rígido.

Para determinar o tráfego médio diário no trecho, foi feita uma contagem volumétrica classificatória na BR-060, no Km 100,1, no período de 06:00hs às 23:00hs, durante 3 dias consecutivos. A Tabela 2 mostra esta contagem.

**Tabela 2-** Contagem de tráfego na BR-060 Km 100,1

Rodovia BR-060 Km 100,1												
Dia	Autos	Ônibus		Caminhões, Reboques e Semi-Reboques					Sub- Total	Motos	Outros	Total
	Passag.	2 ex.	¾ ex.	2C	3C	2S2	2S3	3C3+				
Quarta	10.429	369	272	1.252	1.317	229	612	1.215	15.805	1.249	8	17.062
Quinta	8.959	419	291	1.135	1.271	328	489	1.257	14.149	1.229	9	15.387
Sexta	9.365	389	281	1.019	1.330	289	594	1.150	14.417	1.399	10	15.826
Média	9.584	392	281	1.135	1.306	319	565	1.207	14.790	1.292	9	16.092

Fonte: Autor, 2015

## 5.2 CÁLCULO DO T.M.D.A

A contagem volumétrica classificatória do posto 01 foi corrigida de modo a uma melhor representação do Tráfego Médio Diário Anual, desta forma aumentando a precisão do cálculo do Número “N”. Para isto foram feitas três correções:

- Expansão das amostras. Como as contagens foram efetuadas durante 17 horas por dia, considerou-se que o tráfego nas 7 horas do período noturno corresponderia a 10% do T.M.D.A. Este é o valor médio do tráfego noturno, obtido de inúmeras contagens de 24 horas.
- Correção dos dados dos dias de contagens, para melhor representar a média da semana. Esta correção foi feita pela análise dos dados dos postos permanentes do DNIT.
- Correção das variações sazonais do tráfego ao longo dos meses do ano. Esta correção foi também executada com os dados existentes dos postos de contagens do DNIT.

O fator de correção semanal foi obtido das análises dos dados do posto n° 26, situado no Km 131,7 da BR-060/GO. Foram considerados os dados médios do mês de novembro, mês que foi executado a contagem de tráfego, para cada dia da semana, do ano 2000. Este ano foi o último com séries históricas completas. Esta correção se torna importante, pois neste caso, foram contados os três dias da semana, que são os mais movimentados. O fator médio para os três dias contados foi de  $F_{cs}=0,95$ .

Para corrigir a flutuação do tráfego ao longo dos meses do ano, também foram calculados os fatores de correção sazonal  $F_{cz}$ , correspondente ao mês em que foi realizado a contagem volumétrica. Foi utilizado os valores do TMD mensal do mês de novembro do posto já relacionado. Assim, o valor do fator médio sazonal anual para novembro encontrado foi de  $F_{cz}=1,01$ .

Para calcular o T.M.D.A. foram aplicados as três correções ao tráfego médio contado em campo, desta forma temos:

$$T.M.D.A. = T.M._{\text{campo}} * F_{ex} * F_{cs} * F_{cz} \quad (1)$$

ou

$$T.M.D.A. = T.M._{\text{campo}} * 1,10 * 0,95 * 1,01$$

$$T.M.D.A. = T.M._{\text{campo}} \times 1,06$$

A Tabela 3 mostra o T.M.D.A da rodovia BR-060 para o ano da realização da contagem volumétrica.

**Tabela 3-** TMDA da BR-060 km 100,1

<b>TMDA da BR-060 km 100,1</b>											
Autos PASSEIO	ÔNIBUS		CAMINHÕES, REBOQUES E SEMI-REBOQUES					Sub-total	Motos	Outros	TOTAL
	2 ex.	¾ ex.	2C	3C	2S2	2S3	3c3+				
<b>10.519</b>	<b>416</b>	<b>298</b>	<b>1.203</b>	<b>1.384</b>	<b>338</b>	<b>599</b>	<b>1.279</b>	<b>15.677</b>	<b>1.370</b>	<b>10</b>	<b>17.056</b>

Fonte: Autor, 2015

Definido o T.M.D.A do projeto, o próximo passo é definir as projeções de tráfegos. A projeção de tráfego foi elaborada para o período de 15 anos, após o ano de abertura do projeto, em 2009, e considera uma taxa média anual, geométrica, de 3% para todos os veículos.

### 5.3 DETERMINAÇÃO DO NÚMERO “N”

Feito isso, determina-se o Número “N”, que é o número de repetições de um eixo simples de um veículo padrão (esp), com rodas duplas, carregado com 8,2 tf. A determinação destes valores é fundamental para o dimensionamento da estrutura dos pavimentos e avaliação dos seus desgastes. Para o cálculo de “N” são usados dois critérios. O da AASHTO (usado no DNER-PRO 159/85), em que o “efeito destruidor” se faz sentir mais nos revestimentos asfálticos, e do U.S.A.C.E (Corpo de Engenheiros dos U.S.A., usado no chamado Método DNER/66) em que o “efeito destruidor” se faz sentir mais no subleito.

No presente trabalho o “Número N” foi calculado “ano a ano” pelos dois critérios, durante um período de 15 anos, podendo-se obtê-lo para qualquer horizonte intermediário.

Para o cálculo do Número “N” é necessário, primeiro, encontrar o fator de equivalência dos veículos. O Fator de Equivalência de Veículo, ou simplesmente Fator de Veículo – Fv, se define como o número esp. correspondente ao veículo considerado. O Fator de veículo – Fv é definido como a soma dos Fatores de Equivalência dos Eixos do Veículo. Considerando que a rodovia possui 2 pistas e quatro faixas foi adotada, para a faixa mais carregada, 45% do tráfego pesado, sendo respeitados os limites entre 35% e 48%, estabelecidos pelo Manual de Estudos de Tráfego do DNIT. Desta forma, o cálculo de “N”

para os segmentos homogêneos projetados, num intervalo de tempo  $t$ , é dado pela seguinte fórmula:

$$N_t = \Sigma 0,45 \times (FV)_i \times F_{i,t} \quad (2)$$

Onde:

0,45 = Percentagem do tráfego pesado na faixa mais carregada,

$(FV)_i$  - Fator do veículo  $i$

$F_{i,t}$  - Frequência absoluta de passagens do veículo  $i$  durante o intervalo de tempo  $t$ .

Considerando-se cada eixo carregado com a “carga legal” máxima admitida no Brasil, calcularam-se os Fatores de Veículos da frota considerada pelas duas metodologias apresentadas. A do DNER PRO 159/85 (Tabelas 4 e 5) e do DNER 667/81 (Tabelas 6 e 7) apresentados a seguir, foram obtidos do Manual de Estudos de Tráfego do DNIT.

**Tabela 4** – Fatores de equivalência de eixo (AASHTO)

TIPO DE EIXO	CARGA LEGAL	EQUAÇÃO	FATOR DE EQUIVALÊNCIA
	$Tf$	$P \text{ em } tf$	
Simplex de Rodagem Simplex	6	$F_{(SS)} = \left(\frac{P}{7,77}\right)^{4,32}$	0,328
Simplex de Rodagem Dupla	10	$F_{(SD)} = \left(\frac{P}{8,17}\right)^{4,32}$	2,394
Tandem Duplo (Rodagem Dupla)	17	$F_{(TD)} = \left(\frac{P}{15,08}\right)^{4,14}$	1,642
Tandem Triplo (Rodagem Dupla)	25,5	$F_{(TT)} = \left(\frac{P}{22,95}\right)^{4,22}$	1,560

Fonte: DNER, 1985

**Tabela 5-** Fatores de equivalência de veículo – FV (AASHTO)

VEÍCULOS	FATOR DE EQUIVALÊNCIA DE EIXO	FATOR DE EQUIVALÊNCIA DE VEÍCULO (FV)
Ônibus 2 C	0,330 + 2,392	2,722
Ônibus 3 C	0,330+ 1,640	1,970
Caminhão 2 C	0,328 + 2,392	2,722
Caminhão 3 C	0,328 + 1,642	1,970
S. Reboque 2 S 1	0,328 + 2,394 + 2,394	5,116
S. Reboque 2 S 2	0,328 + 2,394 + 1,642	4,364
S. Reboque 2 S 3	0,328 + 2,394 + 1,560	4,282
Reboque 3 C3 +	Média dos veículos com 6 ou + eixos	6,759

Fonte: DNER, 1985

**Tabela 6 -** Fatores de equivalência de eixo (USACE)

TIPO DE EIXO	CARGA Legal (tf)	FATOR DE EQUIVALENCIA (Fórmulas)
Simple de Rodagem Simple	6	$2,0782 \cdot 10^{-4} \times P^{4,0175}$
Simple de Rodagem Dupla	$\geq 8$	$1,832 \times 10^{-6} \times P^{6,2542}$
Tandem duplo (Rodagem Dupla)	$\geq 11$	$1,528 \times 10^{-6} \times P^{5,484}$
Tandem Triplo (Rodagem Dupla)	$\geq 18$	$1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}$

Fonte: DNER, 1981

**Tabela 7** - Fatores de equivalência de veículo – FV (USACE)

<b>VEÍCULOS</b>	<b>FATOR DE EQUIVALÊNCIA DE VEÍCULO (FV)</b>
Ônibus 2 C	3,567
Ônibus 3 C	8,827
Caminhão 2 C	3,567
Caminhão 3 C	8,827
S. Reboque 2 S 1	6,857
S. Reboque 2 S 2	12,116
S. Reboque 2 S 3	12,867
<b>Reboque 3 C 3 + (média)</b>	<b>18,850 (*)</b>

Fonte: DNER, 1981

Desta forma, foi calculado o número “N” para a rodovia BR-060. Foi empregada a metodologia já exposta. Adotou-se o período de 15 anos de projeto, como o ano de abertura foi em 2009, o horizonte do projeto vai até 2023. Assim, obteve-se o Número “N” no valor de:

- Pela AASHTO “N”=**5,5x107**
- Pela USACE “N”=**1,65X108**

A Tabela 8 apresenta os números “N” calculados pelos dois critérios estabelecidos (AASHTO e USACE).

Tabela 8 - Projeções de Tráfego e Número "N" da BR-060

ANO	Autos Passag.	ÔNIBUS			CAMINHÕES , REBOQUES E SEMI-REBOQUES						TOTAL	Número "N"			
		2 Eixos	3 Eixos	S. Total	2C	3C	2S2	2S3	3C3 +	S. Total		USACE	USACE	AASHTO	AASHTO
2006	10.159	416	298	714	1.203	1.348	338	599	1.279	4.767	15.676				
2007	10.464	428	307	735	1.239	1.388	348	617	1.317	4.910	16.146				
2008	10.778	441	316	757	1.276	1.430	359	635	1.357	5.057	16.631				
2009	11.101	455	326	780	1.315	1.473	369	655	1.398	5.209	17.130	8,85E+06	8,85E+06	2,96E+06	2,96E+06
2010	11.434	468	335	804	1.354	1.517	380	674	1.440	5.365	17.643	9,12E+06	1,80E+07	3,05E+06	6,01E+06
2011	11.777	482	345	828	1.395	1.563	392	694	1.483	5.526	18.173	9,39E+06	2,74E+07	3,14E+06	9,14E+06
2012	12.130	497	356	853	1.436	1.610	404	715	1.527	5.692	18.718	9,67E+06	3,70E+07	3,23E+06	1,24E+07
2013	12.494	512	367	878	1.480	1.658	416	737	1.573	5.863	19.280	9,96E+06	4,70E+07	3,33E+06	1,57E+07
2014	12.869	527	377	904	1.524	1.708	428	759	1.620	6.039	19.858	1,03E+07	5,72E+07	3,43E+06	1,91E+07
2015	13.255	543	389	932	1.570	1.759	441	782	1.669	6.220	20.454	1,06E+07	6,78E+07	3,53E+06	2,27E+07
2016	13.653	559	400	960	1.617	1.812	454	805	1.719	6.406	21.067	1,09E+07	7,87E+07	3,64E+06	2,63E+07
2017	14.062	576	413	988	1.665	1.866	468	829	1.770	6.599	21.699	1,12E+07	8,99E+07	3,75E+06	3,01E+07
2018	14.484	593	425	1.018	1.715	1.922	482	854	1.824	6.797	22.350	1,15E+07	1,01E+08	3,86E+06	3,39E+07
2019	14.919	611	438	1.049	1.767	1.980	496	880	1.878	7.001	23.021	1,19E+07	1,13E+08	3,98E+06	3,79E+07
2020	15.366	629	451	1.080	1.820	2.039	511	906	1.935	7.211	23.711	1,23E+07	1,26E+08	4,10E+06	4,20E+07
2021	15.827	648	464	1.112	1.874	2.100	527	933	1.993	7.427	24.423	1,26E+07	1,38E+08	4,22E+06	4,62E+07
2022	16.302	668	478	1.146	1.930	2.163	542	961	2.052	7.650	25.155	1,30E+07	1,51E+08	4,34E+06	5,05E+07
2023	16.791	688	493	1.180	1.988	2.228	559	990	2.114	7.879	25.910	1,34E+07	1,65E+08	4,47E+06	5,50E+07

Fonte: Autor,2015



## 5.4 DIMENSIONAMENTO

Como dito anteriormente, o pavimento da pista no viaduto foi dimensionado com o emprego do método PCA-84. Para o dimensionamento do mesmo, considerou-se a seguinte seção transversal-tipo do pavimento.

- Faixas de rolamento com largura de 3,60m;
- O acostamento no lado direito tem largura de 2,5m;
- O acostamento do lado esquerdo foi substituído por uma faixa de segurança com largura de 0,6m;
- O abaulamento será de 2,0% para ambos os lados;
- Para o específico projeto, foram estudadas soluções com acostamento em concreto e base cimentada de solo-cimento e concreto rolado;
- Foi estudada alternativa de empregar camada de reforço de subleito, com 20cm de espessura, com índice de suporte de 12%, para reduzir o impacto de custos do pavimento sobre um subleito de 9%, que foi o valor estatístico alcançado nos estudos geotécnicos executados;
- A plataforma de terraplenagem deve ter dimensões que comportem os dispositivos de drenagem superficial e profunda.

Considerando as características acima, da seção transversal-tipo, foram consideradas, para estudo, as seguintes espessuras:

### **Revestimento:**

- Espessura de 26 cm;
- Espessura de 24 cm.

### **Sub-base:**

- Solo-cimento com espessura de 16 e 18 cm;
- Concreto rolado com espessuras de 16 e 18 cm.

**Subleito:**

- IS = 9%, obtido no estudo do subleito;
- IS = 12%, no caso de ser empregada uma camada de reforço do subleito com espessura de 20 cm.

**Fator de segurança (Fsc):**

Os fatores de segurança para as cargas se dividem em três:

- 1,0, para ruas ou vias com poucos caminhões;
- 1,1, para estradas ou vias com frequência moderada de caminhões;
- 1,2 ou 1,3, para grande frequência de caminhões ou para desempenho acima do normal.

Desta forma considerou-se o fator de 1,2.

**Fator de fadiga:**

Fator de fadiga é a relação entre tensão equivalente e tração na flexão, está admitida em 4,5 MPa.

Para facilitar a apresentação dos dados, a Tabela 9 traz, resumidamente, as alternativas estudadas com o emprego do método PCA/84.

**Tabela 9-** Apresentação das alternativas estudadas (continua)

<b>Espessura da placa de concreto: 24 cm</b>	
<b>Sub-base de solo-cimento com 7%</b>	
<b>Espessura</b>	<b>Suporte</b>
16 cm	CBR = 9%
	CBR = 12%
18 cm	CBR = 9%
	CBR = 12%

Tabela 9 – Apresentação das alternativas estudadas (conclusão)

<b>Sub-base de concreto rolado com 120 kg de cimento/m<sup>3</sup> de concreto</b>	
<b>Espessura</b>	<b>Suporte</b>
16 cm	CBR = 9%
	CBR = 12%
14 cm	CBR = 9%
	CBR = 12%
<b>Espessura da placa de concreto: 26 cm</b>	
<b>Sub-base de solo-cimento com 7%</b>	
<b>Espessura</b>	<b>Suporte</b>
16 cm	CBR = 9%
	CBR = 12%
18 cm	CBR = 9%
	CBR = 12%
<b>Sub-base de concreto rolado com 120 kg de cimento/m<sup>3</sup> de concreto</b>	
<b>Espessura</b>	<b>Suporte</b>
16 cm	CBR = 9%
	CBR = 12%
14 cm	CBR = 9%
	CBR = 12%

Fonte: Autor, 2015

A sistemática de dimensionamento dessas alternativas, considerando as perdas acumuladas de danos por fadiga e erosão, ensejou a obtenção dos resultados para dezesseis alternativas. O resultado do dimensionamento pelo Método do PCA/84 para essas alternativas está resumido na Tabela 10.

Tabela 10- Resultados do dimensionamento

Nº	Suporte	Tipo e espessura da sub-base	Acostamento de concreto	Consumo de fadiga (%)	Consumo de erosão (%)
<b>Espessura da placa: 24 cm</b>					
1	CBR = 9%	Solo-cimento-16 cm	Sim	0,0	104,3
2	CBR = 12%	Solo-cimento-16 cm	Sim	0,0	20,0
3	CBR = 9%	Solo-cimento-18 cm	Sim	0,0	24,1
4	CBR = 12%	Solo-cimento-18 cm	Sim	0,0	18,6
5	CBR = 9%	Concreto rolado – 16 cm	Sim	0,0	23,5
6	CBR = 12%	Concreto rolado – 16 cm	Sim	0,0	12,9
7	CBR = 9%	Concreto rolado – 14 cm	Sim	0,0	35,5
8	CBR = 12%	Concreto rolado – 14 cm	Sim	0,0	15,0
<b>Espessura da placa: 26 cm</b>					
9	CBR = 9%	Solo-cimento-16 cm	Sim	0,0	0,0
10	CBR = 12%	Solo-cimento-16 cm	Sim	0,0	0,0
11	CBR = 9%	Solo-cimento-18 cm	Sim	0,0	0,0
12	CBR = 12%	Solo-cimento-18 cm	Sim	0,0	0,0
13	CBR = 9%	Concreto rolado – 16 cm	Sim	0,0	0,0
14	CBR = 12%	Concreto rolado – 16 cm	Sim	0,0	0,0
15	CBR = 9%	Concreto rolado – 14 cm	Sim	0,0	0,0
16	CBR = 12%	Concreto rolado – 14 cm	Sim	0,0	0,0

Fonte: Autor,2015

Como observado nesse resumo, as alternativas que atendem as exigências do método PCA/84 são as que contam com acostamento de concreto, com dimensões propostas de 2,50m do lado direito e de 0,60m do lado esquerdo, que seria a faixa de segurança. Desta forma, não há vantagem em adotar placa com espessura de 26 cm, visto que mesmo com a espessura maior, não seriam eliminados os acostamentos de concreto. Observa-se também que a alternativa de sub-base de solo cimento com subleito de CBR = 9% não atendem á exigência de consumo de erosão.

Com isso, as alternativas mais vantajosas, considerando as soluções com sub-base de solo-cimento e concreto rolado, estão assinaladas na Tabela 11 a seguir.

**Tabela 11** - Alternativas mais vantajosas

<b>Nº</b>	<b>CBR do sub-leito (%)</b>	<b>Tipo da sub-base</b>	<b>Espessura (cm)</b>	<b>Consumo de fadiga (%)</b>	<b>Consumo de erosão (%)</b>
2	12,0	Solo-cimento	16	0,0	20,0
3	9,0	Solo-cimento	18	0,0	24,1
5	9,0	Concreto rolado	16	0,0	23,5
8	12,0	Concreto rolado	14	0,0	15,0

Fonte: Autor,2015

Essas quatro alternativas atendem perfeitamente a solicitação do tráfego local, e adotou-se então, a alternativa que possui o menor consumo de erosão (15,0%). Assim dimensiona-se o pavimento rígido da seguinte forma:

- Placa de concreto simples:  $f_{ctm,k}=4,5$  MPa e espessura de 24 cm;
- Sub-base: de concreto rolado com  $120 \text{ Kg/m}^3$  e espessura de 14 cm.

Cabe ressaltar que, como indicado anteriormente, o índice de suporte do subleito 9% é o do material local, com base nos resultados do estudo do subleito efetuado, enquanto o de 12%, que a alternativa selecionada, prevê a execução de uma camada de reforço do subleito com solo granular originário de alguma jazida próxima ao local. Esta camada de reforço do subleito deve possuir uma espessura de 20 cm, para alcançar o CBR = 12%. A figura 20 mostra a execução da sub-base de concreto rolado no acesso ao viaduto.

**Figura 20-** Execução de Sub-base de concreto rolado



Fonte: Autor, 2014

## CONCLUSÃO

A pavimentação de uma estrada possibilita a mesma um tráfego mais seguro e confortável, diminuindo a chance de ocorrerem acidentes e o tempo de viagem gasto pelos usuários. A necessidade de providenciar um pavimento de boa qualidade e com as melhores propriedades possíveis é imensa, de forma a garantir satisfação e segurança ao usuário ao realizar o seu deslocamento. Porém, retomando à área da engenharia, existe a necessidade de realizar este serviço reduzindo ao máximo os custos das obras envolvidas, sem renunciar à qualidade do mesmo, desta forma, evitando danos aos usuários da via.

Considerando estes pontos, o levantamento bibliográfico apresentado, junto com as comparações do capítulo 3.2, conclui-se que a escolha do método de pavimentação a ser executado é subordinada às condições locais, visto que o pavimento flexível tem um custo inicial menor em relação ao pavimento rígido desconsiderando os serviços prévios de sustentação, ou seja, para solos que apresentem uma qualidade favorável a pavimentação, o asfalto pode ser uma solução menos dispendiosa, porém o pavimento de concreto apresenta características mais favoráveis quando utilizado em áreas de grandes solicitações.

A implementação do método de pavimento rígido ainda é pouco difundida na nossa região e necessita de incentivos para se instalar como opção estrutural para a pavimentação, porém, realizados os investimentos iniciais em maquinário e conhecimentos, este método tem grandes chances de vir a superar problemas de pavimentação na região de forma segura e prolongada.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. **Histórico**. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/4978/Historico.html>>. Acesso em 12 nov. de 2014.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Uma breve história do cimento Portland**. Disponível em: <[http://www.abcp.org.br/conteudo/basico-sobre-cimento/historia/uma-breve-historia-do-cimento-portland#.VRQ5O\\_nF8pU](http://www.abcp.org.br/conteudo/basico-sobre-cimento/historia/uma-breve-historia-do-cimento-portland#.VRQ5O_nF8pU)>. Acesso em: 20 mar. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONCESSIONÁRIAS DE RODOVIAS. **Concessões de Rodovias**. Disponível em: <<http://www.relatorioweb.com.br/abcr/?q=pt-br/node/53>> Acesso em 13 de nov. de 2014.

ASSOCIAÇÃO COMERCIAL E INDUSTRIAL DE ANÁPOLIS. **Daia**. Disponível em: <<http://www.aciaanapolis.com.br/pagina.php?acao=pagina&id=17>>. Acesso em 05 mai. de 2015.

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

BERNUCCI, L. L. B. ; MOTTA, Laura Maria Goretti da ; CERATTI, Jorge Augusto Pereira ; SOARES, Jorge Barbosa . **Pavimentação Asfáltica**: formação básica para engenheiros. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2006.

BIANCHI, Flavia Regina; BRITO, Isis Raquel Tacla ; CASTRO, Veronica Amanda B. . **Estudo Comparativo entre Pavimento Rígido e Flexível**. In: 50º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 2008, Salvador. Anais dos 50º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 2008.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de Rodovias**. Disponível em: <[http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Relatorio%20Geral/Pesquisa\\_CNT\\_de\\_Rodovias\\_2014\\_HIGH.pdf](http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Relatorio%20Geral/Pesquisa_CNT_de_Rodovias_2014_HIGH.pdf)> Acesso em 11 de nov. de 2014.

CORREIO BRAZILIENSE. **As margens da rodovia BR-060**. Disponível em: <[http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2011/09/18/interna\\_cidadesdf,270315/as-margens-da-rodovia-br-060-o-crescimento-economico-e-chines.shtm](http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2011/09/18/interna_cidadesdf,270315/as-margens-da-rodovia-br-060-o-crescimento-economico-e-chines.shtm)> Acesso em 04 de mai. de 2015.

DA SILVA, Carlos Eduardo Portes. **Pavimento de Concreto Simples**: Dimensionamento, Execução e Controle Tecnológico. 2008. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.



DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM - SP. **Pavimento de concreto de cimento Portland sobre obra de arte**. São Paulo: DER, 2007.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Pavimentos Rígidos**. 2a Edição. Rio de Janeiro, 2005.

DNER-PRO 159/85. **Projeto de Restauração de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos**. Norma Rodoviária. Procedimento. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem.

DNER-PRO 667/81. **Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis**. Norma Rodoviária. Procedimento. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem.

GALVÃO RODOVIAS. **A Rodovia BR-153**. Disponível em: <<http://www.galvaorodovias.com.br/historia-da-rodovia/>> Acesso em 06 de mai. De 2015.

GRECO, J. A. S. **Notas de Aula – Conceitos Básicos sobre Pavimentação**. UFMG, 2010.

HORONJEFF, Robert. **Planning and Design of Airports**. 1 ed. New York. USAID, 1966.

NTC&LOGÍSTICA. **Concessão de Rodovias Brasileiras**. Disponível em: <[http://www.ntcelogistica.org.br/noticias/materia\\_completa.asp?CodNoti=38941](http://www.ntcelogistica.org.br/noticias/materia_completa.asp?CodNoti=38941)> Acesso em 12 de nov. de 2014.

PREFEITURA DE ANÁPOLIS. **Economia de Anápolis**. Disponível em: <<http://www.anapolis.go.gov.br/portal/anapolis/economia/>> Acesso em 06 de mai. de 2015.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 1a Edição. São Paulo: Pini, 1997.

SOUZA, Murillo Lopes. **Pavimentação Rodoviária**. Rio de Janeiro: DNER, 1976.