

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

FILIPE CARLOS DOS SANTOS

**PAVIMENTAÇÃO: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE
PAVIMENTO RÍGIDO E O PAVIMENTO FLEXÍVEL**

ANÁPOLIS / GO

2019

FILIFE CARLOS DOS SANTOS

**PAVIMENTAÇÃO: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE
PAVIMENTO RÍGIDO E O PAVIMENTO FLEXÍVEL**

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

ORIENTADOR: AURÉLIO CAETANO FELICIANO

ANÁPOLIS / GO: 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

DOS SANTOS, FILIPE CARLOS

Pavimentação: Análise comparativa entre pavimento rígido e o pavimento flexível

67 P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|-----------------------|---------------------|
| 1. Pavimentação | 2. Pavimento Rígido |
| 3. Pavimento flexível | 4. Dimensionamento |
| I. ENC/UNI | II. Título (Série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DOS SANTOS, Filipe Carlos. Pavimentação: Análise comparativa entre pavimento rígido e o pavimento flexível

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Filipe Carlos dos Santos.

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

Pavimentação: Análise comparativa entre pavimento rígido e o pavimento flexível

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2019

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.



Filipe Carlos dos Santos


E-mail: filipeeng.civil@outlook.com

FILIFE CARLOS DOS SANTOS

**PAVIMENTAÇÃO: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE
PAVIMENTO RÍGIDO E O PAVIMENTO FLEXÍVEL**

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

APROVADO POR:



AURELIO CAETANO FELICIANO, Especialista (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)



EDUARDO MARTINS TOLEDO, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)



ELKE DIAS DE SOUSA, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 04 NOVEMBRO de 2019.

AGRADECIMENTOS

A Deus. “Porque dele e por ele, e para ele, são todas as coisas; glória, pois, a ele eternamente. Amém” (Romanos 11:36). Não há nada que eu não tenha recebido que não tenha sido dádiva do Senhor: a vida, o amor e o conhecimento.

Registro aqui os meus sinceros agradecimentos às pessoas que me influenciaram tanto nesse trabalho quanto na minha formação profissional e pessoal ao longo dos anos, principalmente a minha mãe Rose Mary, minha irmã Lara Andrade, meu Pai Alan Carlos, minha avó Irany Moreira e ao meu Orientador Aurélio Caetano e a Coordenadora do Curso Ana Lúcia.

Filipe Carlos dos Santos

RESUMO

Com os estudos, foram-se aprimorando o processo de pavimentação, onde analisaram que a água era o principal fator que influenciava na deteriorização das camadas da pavimentação e com a necessidade de solucionar esse problema, iniciou o uso de materiais a base de betume como revestimento. Afim de promover uma análise comparativa de custo benefício do pavimento flexível asfáltico e do pavimento rígido de concreto iniciou-se esse trabalho. Com o projeto de Cocalinho de Góias, na GO-454, no trecho entrada da GO-164 até a divisa de GO/MT, trecho que tem respectivamente 63,06 km de extensão, entregue para execução em Dezembro de 2013. Assim com os dados coletados foi iniciado o dimensionamento de uma nova pavimentação, onde o revestimento asfáltico foi substituído pelo revestimento de concreto, para uma nova proposta. Com resultados não satisfatórios para justificar a proposta de mudança, conclui-se que levando em consideração que o custo seria o fator primordial para definir uma mudança, a proposta de mudança foi descartada sendo que o novo projeto ficou 32% mais caro que o projeto já executado.

PALAVRAS-CHAVE:

Pavimentação, pavimento flexível, pavimento rígido, dimensionamento, orçamento.

ABSTRACT

The studies improved the paving process, which analyzed the age of water or the main factor influencing the deterioration of paving layers and the need to solve this problem by starting or using bitumen-based materials as a coating. You can promote a cost-effective comparative comparison of flexible asphalt pavement and hard concrete pavement if you start this work. With the Cocalinho de Góias project, on GO-454, with no entry on GO-164 to the GO / MT division, which is respectively 63.06 km long, delivered for execution in December 2013. Thus, the collected data were started or dimensioned for a new paving, where the asphalt coating was replaced by the concrete coating, for a new proposal. With unsatisfactory results to justify a change proposal, conclude that it takes into consideration the serious cost or the prime factor in defining a change, a change proposal has been discarded as the new project is 32% more expensive than the new one. project already executed.

KEYWORDS:

Paving, flexible paving, rigid paving, sizing, budgeting.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação do sistema arterial coletor e local	22
Figura 2 - Ilustração das camadas do pavimento.....	23
Figura 3 – Ilustração da Camada de Pavimento	24
Figura 4 – Exemplo de revestimento asfáltico.....	26
Figura 5 – Exemplo de revestimento rígido.....	26
Figura 6 – Preparo da Caixa Base.....	33
Figura 7 - Esparrame da primeira camada do material de enchimento.....	33
Figura 8 - Irrigação para penetração do material de enchimento	34
Figura 9 - Execução da pintura de ligação ou imprimadura.....	35
Figura 10 - Estrutura de um pavimento rígido.....	37
Figura 11 - Estrutura de um pavimento rígido.....	38
Figura 12 - Placa de concreto simples sem barras de transferência.....	39
Figura 13 - Placa de concreto simples com barras de transferência.....	39
Figura 14 - Placa de concreto simples armada descontinuamente	
Figura 15 - Placa de concreto simples armada com continuamente	
Figura 16 - Sistema de moldagem sobreposta (a) ou encaixada (b) do pavimento WTUD.....	42
Figura 17 - Aumento do K devido à presença da sub-base solo cimento.....	49
Figura 18 - Equações para definir o Módulo de Ruptura	53
Figura 19 - Gráfico do Módulo de Ruptura	53
Figura 20 - Ábaco para o dimensionamento da espessura de um pavimento de concreto rodoviário (eixo simples)	55
Figura 21 - Ábaco para o dimensionamento da espessura de um pavimento de concreto rodoviário (eixo tandem duplo)	56
Figura 22 - Ábaco para o dimensionamento da espessura de um pavimento de concreto rodoviário (eixo tandem triplo)	57

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Granulometria especificada para agregados graúdo e miúdo.....	29
Tabela 2 - Granulometria especificada para filler	29
Tabela 3 - Perfil do pavimento adotado – Estaca 0 a 2670	45
Tabela 4 - Perfil do pavimento adotado – Estaca 2670 a 3153+16,60	45
Tabela 5 - Planilha Orçamentária	55
Tabela 6 - Tabela comparativa de TSD e CONCRETO.....	55

LISTA DE QUADRO

Quadro 01 – Características usuais estabilizadas com cimento.....	48
Quadro 02 - Fator de segurança por carga	50

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABCP	Associação Brasileira Cimento Portland
ABESC	Associação Brasileira de Serviços de Concretagem
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
CNT	Confederação Nacional de Transporte
CBR	<i>California Bearing Ratio</i>
CAP	Concreto Asfáltico de Petróleo
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
EAP	Emulsão Asfáltica de Petróleo
ISC	Índice de suporte Califórnia
IPR	Instituto de Projeto Rodoviários
NBR	Norma Brasileira
PCA	<i>Portland Cement Association</i>
TSD	Tratamento Superficial Duplo
WTUD	<i>Whitetopping Ultradelgado de Concreto</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	19
1.1 JUSTIFICATIVA.....	20
1.2 OBJETIVOS.....	20
1.2.1 Objetivo geral.....	20
1.2.2 Objetivos específicos.....	20
1.3 METODOLOGIA.....	21
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
2.1 ESTRADAS.....	21
2.2 RODOVIAS	22
2.3 PAVIMENTAÇÃO	24
2.3.1 Camadas Componentes do Pavimento.....	25
2.4 PAVIMENTAÇÃO FLÉXIVEL.....	28
2.4.1 Ligante Asfáltico	28
2.4.2 Agregados	29
2.4.3 Tipos de Revestimentos Asfáltico.....	31
2.4.4 Técnicas Executivas.....	33
2.5 PAVIMENTO RÍGIDO.....	37
2.5.1 Tipos de Pavimento Rígido.....	39
2.5.1.1 Concreto Simples de Cimento Portland.....	39
2.5.1.1.1 Placas de Concreto Simples sem barras de Transferência.....	40
2.5.1.1.2 Placas de Concreto Simples com barras de Transferência	40
2.5.1.1.3 Placas de Concreto Simples Armado com Descontinuidade	41
2.5.1.1.4 Placas de Concreto Simples Armado com Continuidade	41
2.5.1.2 Whitetopping.....	42
2.5.1.3 Whitetopping Ultradelgado de COncreto (WTUD)	43
2.5.1.4 Macadante Cimentado	44
3. ESTUDO DE CASO	45
3.1 PROJETO TSD	45
3.2 DIMENSIONAMENTO PAVIMENTO RÍGIDO.....	48
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
REFERÊNCIAS	

1 INTRODUÇÃO

Com o passar do tempo o ato de locomover veio se tornando cada vez mais fácil, antigamente usava-se as estradas para viagem a pé (caminhada), com a evolução da sociedade e a implantação de tecnologias, as viagens a pé foram substituídas por carros e com isso a tecnologia das estradas também precisaram evoluir para receber esses meios de transportes (FARIA, 2003).

Senço (2007), afirma que 60% do modal de transporte mais usado no Brasil é o Rodoviário, as estradas hoje são usadas para todo tipo de transporte, como: passeio, trabalho, estudo, entre outros. A importância das estradas vem se caracterizando desde os primórdios da civilização, onde até mesmo os romanos construíam estradas para facilitar a conquista dos povos inimigos (RODOVIAS, 1999).

Com estudos foram se aprimorando o processo de pavimentação, onde analisaram que a água era o principal fator que influenciava na deteriorização do pavimento e que havia necessidade de solucionar esse problema, a que começaram a usar um material betuminoso para fazer essa impermeabilização, que é hoje o pavimento que conhecemos como flexível, que tem como base de seu material o petróleo, ele não funciona como um material estrutural mas sim como um material de impermeabilização, dando a característica da pavimentação que é o processo construtivo de de varias camadas para suportar as cargas exigidas (BERNUCCI et al, 2010).

Resumindo o processo construtivo de pavimentação, temos que são construídas camadas respectivas, cada uma com função específica na estrutura da pavimentação, sendo elas: subleito, reforço do subleito, base, sub-base e revestimento. Ou seja, o revestimento tem como função de proteger as camadas inferiores, permitindo a preservação dessas camadas, camadas que variam suas espessuras, de acordo com os cálculos baseados no tráfego de veículos e das cargas que ele receberá (DNIT, 2005).

Mediante a isso, atualmente há muita especulação sobre qual método construtivo apresenta um custo benefício mais adequado para os tempos atuais, já que a tecnologia e os tempos modernos sempre trazem benefícios a sociedade. Algumas questões destacam-se no estudo comparativo, tais quais: vida útil, custos, impactos ambientais e sociais, e o principal, a segurança que o pavimento proporciona durante a sua utilização.

Embora o pavimento asfáltico seja praticamente um padrão no Brasil e a porcentagem de vias asfaltadas com pavimento asfáltico chega a ser 250 vezes maior que a pavimentação de

concreto, já foi comprovado que o pavimento asfáltico nem sempre é a escolha mais adequada para a pavimentação de certos trechos específicos e nem os mais rentáveis (CNT, 2017). Logo podemos levantar o questionamento de: será que a pavimentação asfáltica para o projeto de cocalinho foi a correta a se optar? A partir desse questionamento então dar-se-á início a esse trabalho.

1.1 JUSTIFICATIVA

Tendo em vista que a grande parte do modal brasileiro apresenta-se por meio de um sistema rodoviário (BRASIL, 2017), o desenvolvimento de pesquisas e execução dos tipos de pavimento implementados no Brasil ainda apresenta inúmeras características particulares frente a sua escolha para fins de implantação (ANTAS et al., 2010). De acordo com a finalidade, da localização geográfica, dos meios de transportes para destino da matéria-prima da construção destes pavimentos, a distinção da escolha do tipo de pavimentação é determinante na construção das rodovias no país.

Pautado na cultura de apenas construir pavimentos flexíveis principalmente em trecho interurbanos, o Brasil traz consigo a observação e constatação de que nem sempre essa decisão viabiliza outros aspectos relacionados ao projeto de vias e a execução dos mesmos. Quando pensa-se na vida útil destes de acordo com o quanto os mesmos são exigidos no transporte de altas cargas e escoamento de suprimentos e entre outros produtos que estão diretamente ligados a distribuição por meio das rodovias (CNT, 2017).

Para seleção do mais apropriado sistema de execução do pavimento deve-se conhecer as desvantagens e as vantagens de cada método executivo, para isso torne-se viável, há a necessidade da fabricação de ambos os projetos para se analisar as vantagens ecológica, técnica, social e economicamente, e assim justificar os meios mais favoráveis para a construção da via pavimentada.

Assim justifica-se por meio deste trabalho, apresentar parâmetros que possam viabilizar concepção de pavimentos não somente flexíveis, mas rígidos em larga escala de projetos e, principalmente um incentivo a concepção de construção.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo desse trabalho é realizar a análise comparativa da execução e estimativa de custos de uma pavimentação flexível e uma pavimentação rígida.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Apresentar o conceito de pavimentação e suas características particulares de execução e projeto
- b) Apresentar as vantagens e desvantagens da utilização de pavimento flexível e pavimento rígido
- c) Apresentar os parâmetros de projeto de execução do pavimento flexível projeto de Cocalinho de Góias, na GO-454, no trecho entrada da GO-164 até a divisa de GO/MT
- d) Propor um dimensionamento de um pavimento rígido similar ao existente nas características particulares do mesmo
- e) Desenvolver uma estimativa de custos na escolha do pavimento rígido estimado.

1.3 METODOLOGIA

Para embasar as informações apresentadas por este estudo, foi realizado um levantamento teórico sobre os aspectos mais relevantes relacionados a pavimentos, tais como: sua estrutura; os tipos de pavimento existentes e uma comparação entre eles; os métodos para seu dimensionamento e as principais normas técnicas adotadas no Brasil; os defeitos apresentados por eles; e, por fim, as principais formas de conservação.

Em seguinte etapa foi estudado o projeto de Cocalinho de Góias, na GO-454, no trecho entrada da GO-164 até a divisa de GO/MT, que já foi executado em 2014, afim de levantar dados de dimensionamento e execução, para caracterizar o objeto de estudo em análise de pavimento flexível em TSD.

Na seguinte etapa, foram realizados um estudo de dimensionamento de pavimentação rígida, usando o método construtivo mais comum que se é usada no território nacional, sendo orientados a partir da regulamentação do DNIT com auxílio de bibliografias para facilitar o entendimento. Com os dois dimensionamentos, se concluído, uma sugestão de troca de pavimento flexível para o rígido será proposta.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ESTRADA

Em 1897, após a revolução industrial, a criação do primeiro motor a combustão, a partir daí veículos automotivos para o transporte de pessoas foi só crescendo. No Brasil não seria diferente, porém no início somente a elite brasileira tinha condições de ter carro. De 1903 a 1941 só havia regulamentação de uma habilitação para poder dirigir um automóvel no Brasil e então em 28 de janeiro de 1941 foi criado o primeiro código nacional de trânsito do Brasil (MOLETA, 2015).

O CTB (Código de trânsito brasileiro), tem o intuito de trazer paz e harmonia entre: homem, veículos e vias, sempre frisando a segurança, onde imputa responsabilidade ao condutor e ao pedestre, porém atualmente virou uma máquina pública para arrecadar dinheiro, por meio principalmente de multas por excesso de velocidade (GURGEL, 2017), mas isso é tema para outro estudo. Então é direito de todos os condutores de veículos, usufruir de um trânsito com segurança e fica a cargo dos órgãos competentes a fiscalização dessas malhas rodoviárias para promover a qualidade de uso (VIEIRA, 2016).

2.2 RODOVIAS

São construídas de acordo com a necessidade de cada local ao qual elas vão ser utilizadas. E para atender uso das rodovias são estabelecidas categorias funcionais, de acordo com as funções que exercem (ANTAS et al., 2010)

CLASSE 0: Rodovia do mais elevado padrão técnico, via expressa com mais de uma pista, cruzamentos em desníveis, total controle de acesso e bloqueio total de pedestres (DNIT, 2010).

CLASSE 1-A: Rodovia de pista dupla com controle parcial de acesso, uma pista com menos rigor técnico que a de classe 0, costuma-se ser uma pista simples que teve suas vias duplicadas, sempre é feita uma análise técnica se é necessária duplicação dessa rodovia (LEE, 2000).

CLASSE I-B: São rodovias de pista simples e de elevado padrão técnico, prevista para uma circulação de tráfego inferior à de CLASSE I-A e superior a 200 veículos horário bidirecionais (LEE, 2000).

CLASSE II: Corresponde a projeto de rodovia em pista simples, sendo indicada para os casos em que a demanda a atender 700 á 1400 vpd (veículos por dia) (ANTAS, 2010).

CLASSE III: Rodovias de pista simples prevista por projeto para atender um volume médio diário bidirecional de 300 a 700 vpd (DNIT, 2010).

CLASSE IV: Rodovia de pista simples, das classes a mais pobre de projeto, podendo ser aceita sem pavimentação asfáltica, com apenas revestimento primário (estrada de chão, onde não apresenta pavimentação com qualquer tipo de concreto), para um volume de tráfego inferior a CLASSE III (ANTAS et al., 2010).

Também há a classificação por funcionalidade: Sistema Arterial, Coletor e Local, Figura 01. Sistema Arterial: Possuem a função principal de proporcionar um alto nível de mobilidade e controle de acesso, para grandes volumes de tráfego, tráfego de longa distância e só ocasionalmente tráfego local (DNIT, 2010). Sistema Coletor: Atendem a centros populacionais ou centros geradores de tráfego de menor volume, não servidos pelo sistema arterial; ligação de áreas rurais com centros municipais e malha arterial; velocidade de operação inferior as das arteriais; combina mobilidade e acesso (LEE, 2000). Sistema local: Composto por rodovias de pequena extensão destinadas essencialmente a proporcionar acesso ao tráfego intra-municipal de áreas rurais e de pequenas localidades até as rodovias de nível superior pertencentes, em geral, ao sistema coletor secundário. Caracteriza-se por apresentar baixo volume de tráfego e fácil acesso (ANTAS, 2010).

Figura 01 – Representação dos sistemas arterial coletor e local



Fonte: São Paulo 2012

2.3 PAVIMENTAÇÃO

É uma estrutura de várias camadas construída sobre a terraplenagem afim de resistir aos esforços causados pelo tráfego, clima e a melhorar as condições de rolamento. Camadas que consistem em: Subleito, reforço do subleito, sub-base, base e revestimento asfáltico (Figura 2). O pavimento pode ser classificado em 3 tipo: Rígido, flexível e Semi-rígido (JUNIOR, 1992).

Dos tipos citados, o classificado como flexível é composto por uma camada asfáltica com base em brita e solo, do rígido é composto por placas de cimento (*Portland*), e o semi-rígido é composto por uma camada asfáltica e outra camada de cimento (BERNUCCI, et. al. 2010).

Figura 02 - Ilustração das camadas do pavimento



Fonte: Senço 2007

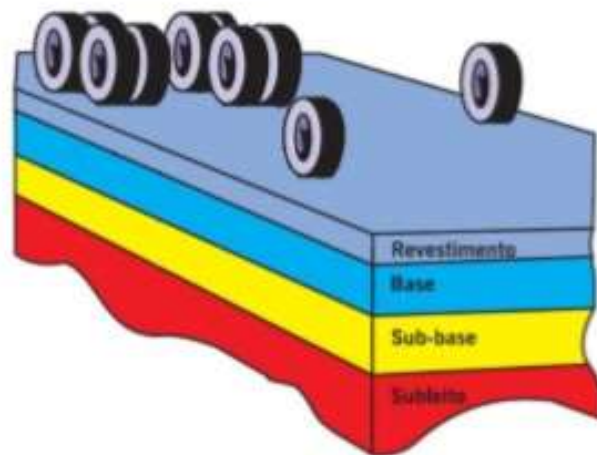
A importância de se dar manutenção nas rodovias é crucial para melhora no trânsito, como também para diminuir gastos caso tenha que construir novamente todo um trecho da via por falta de manutenção. Quando se fala da realidade do Brasil e a importância do modal para transportar as infinidades de mercadorias que seja e até mesmo pessoas. Pode-se entender qual a importância de manter sempre as rodovias em bom estado, e quando se faz uma pesquisa na CNT (Confederação Nacional de Transporte), choca-se em ver que 46,9% das nossas malhas apresentam alguma falha por falta de manutenção (CNT, 2017).

Com o uso em grande maioria da pavimentação flexível, o material foi ficando caro e o custo do material para uma pavimentação rígida manteve-se o mesmo preço. Então atualmente o uso da pavimentação rígida se torna cada vez mais requisitada, porque se vê os benefícios que antes era rejeitado pelos seus custos altos. O técnico da Votorantim afirma que um pavimento feito com concreto (rígido) duraria em torno de 15 anos para precisar da sua primeira manutenção, tornando a pavimentação mais barata ao longo do uso (ABCP, 2010).

2.3.1 Camadas Componentes do Pavimento

Bernucci et al (2007) afirma que a análise da estrutura do pavimento irá submeter-se mediante a espessura e rigidez de cada camada, além da relação entre elas, tornando possível eliminar alguma delas. Os pavimentos são construídos basicamente pelas camadas: subleito, reforço de subleito (se necessário), sub-base, base e revestimento (JÚNIOR, 1992). Estas camadas são apresentadas na Figura 03.

Figura 03 - Ilustração das camadas do pavimento



Fonte: Bernucci *et al* (2007. p 10) adaptada

Júnior (1992) define o subleito como a camada de fundação do pavimento. Esta camada deve ser corrigida e compactada, respeitando as cotas do projeto, antes da aplicação das camadas subsequentes. Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2010), o solo operado não deve ser expansivo. Para isso, Carvalho (1998) apresenta como medidas para determinação da capacidade de suporte de um solo compactado o Índice de Suporte Califórnia (ISC). O ensaio do ISC realizado em laboratório tem como objetivo determinar a expansão do solo e é normatizado pela NBR 9895/87.

Este ensaio consiste na relação entre a pressão necessária para produzir a mesma penetração numa mistura padrão de brita estabilizada granulometricamente e a pressão necessária para produzir uma penetração de um pistão de diâmetro padronizado no corpo de prova de solo.

A ABCP (2010) afirma que a efetuação precisa deste ensaio tem como objetivo, quando forem utilizados estes parâmetros na execução, possibilitar uma camada firme, sobre a qual as demais camadas consigam ser compactadas, além de ter papel crucial no estabelecimento da eficácia estrutural do pavimento. Júnior (1992) afirma que caso o valor do ISC do subleito natural seja abaixo ao detalhado em projeto, é de suma importância a execução de uma camada de reforço cujo material evidencie capacidade de suporte superior ao do subleito de projeto.

Para Carvalho (1998), é recomendável que esta camada de reforço tenha espessura aproximada de 30 cm e com ISC no mínimo cinco pontos percentuais superior ao do subleito. A definição de sub-base, segundo Júnior (1992), é a camada complementar à camada de base, executada após o subleito ou reforço de subleito quando for necessário, de acordo com o projeto.

De acordo com Fioriti (2007), a sub-base poderá ser de um material granular, como por exemplo solo-brita ou outro solo elegido. O material de sub-base também deverá ser definido pelo valor de ISC mínimo necessário, que, juntamente com a espessura da camada, será função do tráfego e das condições de suporte de subleito (CARVALHO, 1998).

Já a base é a camada destinada a ganhar e dividir uniformemente os esforços oriundos do tráfego sobre o qual se efetua o revestimento (MACIEL, 2007). Segundo a ABCP (2010), os materiais granulares empregados tanto para a camada de base quanto para a sub-base deverão ser preferivelmente pétreos, como, por exemplo: bica corrida, brita graduada e cascalho. Esta indicação ocorre, pois, estes materiais manifestam poucas complicações na execução das camadas, caso tenham sido acertadamente especificados.

O revestimento é a camada encarregada por receber diretamente os esforços originários do tráfego de veículos, além de estar passível à ação dos agentes climáticos, tais como sol, chuva e variações de temperatura. Outras atribuições desta camada é promover conforto e segurança aos usuários, além de preservar as camadas anteriores por meio da impermeabilização do pavimento (BERNUCCI et al, 2007).

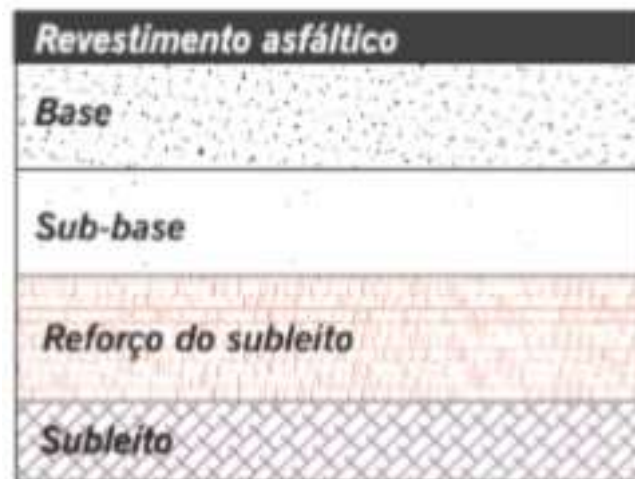
Segundo DNIT (2006), esta camada é encarregada por absorver esforços de compressão e tração causados pela flexão, dissemelhantemente das outras camadas que são submetidas essencialmente à compressão.

Esta é a última camada do pavimento, apresentando características distintas para cada tipo de revestimento, de acordo com as definições de Júnior (1992), nos revestimentos flexíveis enquadram-se todos os revestimentos que apresentam betume em sua composição, tais como: asfalto, emulsão asfáltica e alcatrão. Podem ser identificados nos tipos anti-pó, tratamento superficial e misturas betuminosas. Nos revestimentos semi-rígidos estão incluídos os

revestimentos compostos por blocos, comumente utilizados em calçamento, tais como peças pré-moldadas de cerâmica, paralelepípedos e peças pré-moldadas de concreto.

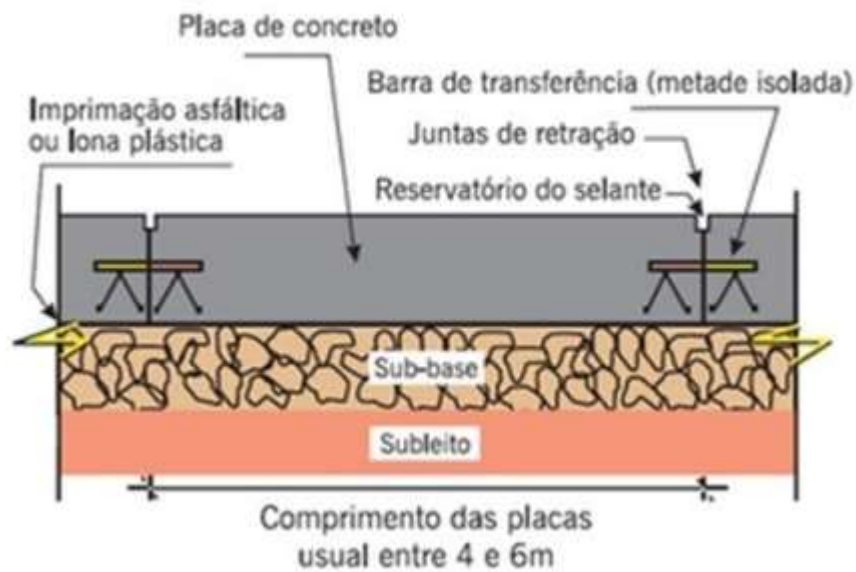
O revestimento semi-rígido mais usual é o com peças pré-moldadas de concreto. Na Figura 04 é apresentado um exemplo de estrutura de um pavimento com revestimento flexível e na Figura 05 com revestimento rígido.

Figura 04 - Exemplo revestimento Asfáltico



Fonte: Bernucci et al (2007, p. 338)

Figura 05 – Exemplo Revestimento Rígido



Fonte: Senço 2007

2.4 PAVIMENTO FLEXÍVEL

Para o DNIT (2006), pavimento flexível é aquele que em todos os seus níveis e camadas suportam deformação elástica expressiva sob o carregamento sobreposto e, portanto, a carga se fraciona em parcelas aproximadamente correspondentes entre as camadas. Senço (2001), afirma que um exemplo típico é um pavimento composto por uma base de brita (brita graduada ou macadame) ou por uma base de solo pedregulhoso, revestida por uma camada asfáltica.

2.4.1 - Ligantes Asfálticos

Segundo Bernucci et al (2007), são de revestimento asfáltico (pavimento flexível), no Brasil cerca de 95% das estradas pavimentadas. Ocorre isso essencialmente porque o asfalto “permite forte junção dos agregados, atuando como um ligante que possibilita flexibilidade controlável. É durável e resistente à ação da maior parte dos ácidos, dos álcalis e dos sais, é impermeabilizante, capaz de ser utilizado aquecido ou emulsionado, com ou sem aditivo. Na seleção do ligante mais propício, precisa-se estudar inúmeros aspectos, como: umidade e vento, temperatura ambiente, tipo e estado dos agregados, temperatura da superfície na qual o betume será aplicado, equipamentos usados, etc (BAPTISTA, 1974).

Todos os ligantes asfálticos contêm betume, que segundo Bernucci (2007), é uma combinação entre o elemento de hidrocarbonetos solúvel no bissulfeto de carbono. O alcatrão, que segundo norma é listado como material recomendado, é um material betuminoso de textura variável consequente da destilação destrutiva de matéria orgânica, tal como linhito, carvão, xisto e matéria vegetal (DNER-EM 364/97), norma de 1997. Senço (2001) também afirma que, este material já não é mais tão utilizado em pavimentação, uma vez que foi constatado seu poder cancerígeno, além de apresentar propriedades de baixa qualidade de ligante, resultante ao procedimento de fabricação.

O asfalto é um misto, de forma natural ou por destilação, de hidrocarbonetos derivados do petróleo, cujo material primacial é o betume, podendo conter ainda outros elementos, como nitrogênio, oxigênio e enxofre, em pequena parcela (BERNUCCI et al, 2007). Já o asfalto aplicado na pavimentação é conseguido pela destilação do petróleo e é um adesivo termo-viscoplástico, impermeável e pouco reativo (DNIT, 2006). No Brasil esse material viscoelástico a temperatura ambiente, semi-sólido a temperaturas baixas e líquido a altas temperaturas é intitulado de Concreto Asfáltico de Petróleo (CAP).

Generalizando todos os casos de pavimentação, o asfalto convencional (pavimentação flexível) provê as necessidades que se espera de desempenho de tráfego e condições climáticas.

Em alguns casos é mais costumeiro o uso de modificadores dos atributos do asfalto devido ao aumento do volume de veículos principalmente comerciais, grandes diferenças térmicas devido às estações do ano e em corredores de tráfego pesado (BERNUCCI et al, 2007). Com o objetivo de assegurar um revestimento correto dos agregados, é imprescindível que o CAP alcance uma estipulada viscosidade, obtida através do aquecimento do agregado e do ligante.

Existe a possibilidade de substituir o ligante empregando os processos de emulsão do asfalto ou adição de um diluente volátil ao asfalto, para impedir este aquecimento (Senço, 2001). Emulsão é definida como uma mistura heterogênea entre dois ou mais líquidos, os quais geralmente não se diluem um no outro, mais, quando são conservados em suspensão por agitação ou, mais reiteradamente, por substâncias conhecidas como emulsificantes, em baixas quantidades, resultam uma mistura constante (dispersão coloidal). No caso da emulsão asfáltica (EAP) os dois líquidos são o asfalto e a água. (PETROBRAS, 1996).

O ligante asfáltico, com o decorrer do tempo, perde alguns de suas propriedades e manifesta certo enrijecimento. Para recuperar a flexibilidade do ligante é empregado o método de reciclagem a quente ou a frio (BERNUCCI et al, 2007). Os agentes revitalizadores são aplicados no processo de reciclagem a quente, na reciclagem a frio são utilizados os agentes rejuvenescedores emulsionados (JÚNIOR, 1992).

2.4.2 Agregados

Segundo DNIT (2006), os agregados empregados no Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) ou concreto asfáltico, são classificados em três níveis granulométricos: filler, agregado miúdo e agregado graúdo. O agregado graúdo geralmente é composto por pedra britada ou seixo rolado com uma face britada, o agregado miúdo é composto por areia, pó de pedra ou ambos e o filler pode conter cimento, pó de pedra, pó de calcário ou outros similares. A mistura de agregados deve atender a uma das faixas granulométricas apresentadas na Tabela 1 para agregados graúdos e miúdos e na Tabela 2 para filler, segundo Senço (2001).

Tabela 1 – Granulometria especificada para agregados graúdo e miúdo; (a) Peneira nº 2 a 10;
(b) nº 40 a 200

Peneira		Porcentagem que passa			
		Tipo de agregado gráudo		Tipo de agregado miúdo	
(")	(mm)	Graduação A	Graduação B	Graduação C	Graduação D
2	50,8	100	-	-	-
1 1/2	38,1	95-100	100	-	-
1	25,4	75-100	95-100	-	-
3/4	19,1	60-90	80-100	-	-
1/2	12,7	-	-	85-100	100
3/8	9,52	35-65	45-80	75-100	90-100
n° 4	4,76	25-50	28-60	50-85	70-100
n° 10	2,00	20-40	20-45	30-75	60-90

Peneira		Porcentagem que passa			
		Tipo Agregado gráudo		Tipo Agregado miúdo	
(")	(mm)	Graduação A	Graduação B	Graduação C	Graduação D
n° 40	0,42	10--30	10--32	15--40	30--70
n° 80	0,2	5 --20	8--20	8--30	10--40
n° 200	0,074	1--8	3--8	5--10	5--12
Betume (%)		4,0--7,5	4,5--8,0	4,0--10,0	4,5--11,0

Fonte: Senço (2001, p. 203) Adaptado

Tabela 2 – Granulometria especificada para filler

Peneira		Porcentagem que passa (Valores mínimos)
(")	(mm)	
n° 40	4,76	100
n° 80	2,4	95
n° 200	0,07	65

Fonte: Senço (2001, p. 204) Adaptado

Além de cumprir a distribuição granulométrica estudada nas tabelas anteriores, os agregados gráudos devem cumprir também as condições a seguir citadas por Senço (2001):

- Não conter torrões de argila e matéria orgânica, em nenhuma quantidade;
- não conter em exagero, pedras lamelares alongadas, afim de não dificultar a trabalhabilidade da mistura e a inalterabilidade da granulometria;
- fragmentos duráveis são de forma angular e superfície rugose;
- obter boa aderência ou pega com o asfalto utilizado.

Também são listadas, ainda segundo Bernucci (2007), algumas propriedades e características dos agregados que influenciam diretamente na mistura de agregados e betume:

- densidade real, que é a densidade do agregado sem vazios intersticiais;
- massa específica aparente das frações de agregado que é a correlação entre massa da amostra de agregados e o volume ocupado pelo mesmo, nas circunstâncias de compactação que se encontram;
- massa específica aparente da mistura que se explica em ser a relação entre massa de uma porção da mistura (agregados, betume e ar) e o volume que essa porção ocupa;
- porcentagem de vazios da mistura compactada, entende-se que é a relação entre volume de vazios na mistura compacta e o volume total em porcentagem;
- vazios do agregado mineral que é a soma das porcentagens de vazios da mistura com porcentagens de vazios cheios de betume;
- Fluência ou deformação plástica que corresponde a deformação que um corpo-de-prova sofre antes do rompimento.

Segundo DNIT (2006), existem numerosos tipos de ensaio para averiguação da mistura do betume com agregados. A execução de revestimentos betuminosos é procedida de ensaios que possibilita não só obter-se os valores das quantidades de agregados a misturar, para um produto dentro dos critérios, mas também o teor de betume, prevenindo uma desunião precoce, por falta de ligante ou uma superfície imprópria lisa e deformável, por abundância de ligante (SENÇO, 2001).

2.4.3 Tipos de Revestimentos Asfálticos

Quando o tratamento for superficial, o revestimento será fabricado na própria pista, caso esse não for o tratamento utilizado, o revestimento será de origem usinada, sendo usina móvel ou fixa. Podendo também serem classificados de acordo com os materiais ligantes, os revestimentos têm-se: o CAP (Concreto Asfáltico de Petróleo) utilizado quando for usinado a quente, o EAP (Emulsão Asfáltica de Petróleo) se for utilizar usinado a frio (JÚNIOR, 1992). De acordo com Júnior (1992), o processo de uma usina estacionária é realizar a mistura do ligante e dos agregados para então a mesma ser transportada até o seu local de aplicação para ser lançada na sua camada respectiva.

Um dos tipos de revestimento asfáltico mais empregados no Brasil é o concreto asfáltico, também conhecido como concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) (BAPTISTA, 1976). Ocorre no processo usinado a quente a mistura dos agregados, de vários tamanhos, e do ligante, concreto asfáltico à quente. Ambos são aquecidos em altas temperaturas já estipadas de acordo com as particularidades de temperatura e viscosidade do ligante (BERNUCCI et al, 2007).

Já no processo usinado a frio, Senço (2007) afirma que a pré-mistura de agregados de várias granulometrias (graúdos, miúdos e de enchimento) ocorre e também da emulsão asfáltica de petróleo (EAP). O autor ainda explica que talvez ocasionalmente o ligante poderá sofrer um pequeno aquecimento para a mistura, mas geralmente ele é operado em temperatura ambiente. Também é possível usar combinações asfálticas que são processadas em usinas móveis para que a mistura fique pronta rapidamente antes da aplicação no pavimento para deixar o processo ainda mais eficiente e em casos de restauração e selagem de algumas características funcionais dos pavimentos. Em geral estas misturas são relativamente fluídas (pastoso), tais como a lama asfáltica e o micro-revestimento, fácil de manusear. (BERNUCCI et al, 2007)

A lama asfáltica nada mais é que, assim como refere-se a norma em a associação de agregado mineral, emulsão asfáltica, material de enchimento (filler) e água, com textura fluída, harmoniosamente espalhada sobre a superfície previamente preparada para o pavimento (DNER-ES 314/97). Este material age como impermeabilizante e rejuvenescedor, trazendo de volta a condição funcional do pavimento, é usualmente aplicado em ruas e vias secundárias e utilizado na manutenção de pavimentos cujos revestimentos apresentam desgaste superficial e pequeno grau de fissuras (Junior, 1992).

De acordo com Bernucci et al (2007), o micro-revestimento asfáltico aplica o mesmo fundamento e conceito da lama asfáltica, no entanto, para tornar maior a vida útil do pavimento utiliza emulsões asfálticas modificadas com polímeros. A norma também descreve o micro-revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero na combinação de agregado, material de enchimento (filler), emulsão asfáltica modificada por polímero do tipo SBS, água, aditivos se necessários, com consistência fluída, igualmente distribuída sobre uma superfície previamente preparada (DNIT-ES 035/04). Júnior (1992) afirma que o micro-revestimento é utilizado para restauração prática (rápida) de pavimentos, revestimento de pavimentos de baixo volume de tráfego, capa selante e também em projetos de reforço estrutural em camada intermediária anti-reflexão de trincas.

Quando um pavimento asfáltico se danifica estruturalmente, para que não haja tantos problemas e gastos desnecessários é necessário recuperar a sua capacidade de suporte de carga

por meio de adição de camadas ou então pela retirada da parte danificada e execução de nova camada de revestimento asfáltico. Nesse caso o mais recomendado é o corte e a execução de uma nova camada. No caso de corte, este material poderá ser reaproveitado por reciclagem, sabendo que o material permite tal feito (BERNUCCI et al, 2007).

Conclui-se por reciclagem de pavimentos o método de reaproveitamento de misturas asfálticas deterioradas e envelhecidas para fabricação de novos compostos, contando com os agregados e ligantes restantes, originários da fresagem, com a adição de espuma de asfalto, agentes rejuvenescedores, EAP ou CAP novos, quando preciso, e também com aglomerantes hidráulicos como acréscimo (LIMA, 2003). De acordo com a norma DER/PR ES-P 31/05, a fresagem é o corte ou o desbaste (aparação) de uma ou mais camadas do pavimento através de máquinas especiais.

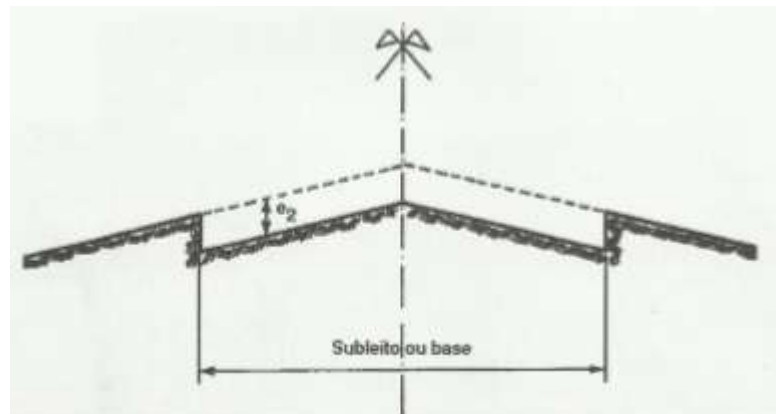
Os tratamentos superficiais consistem da aplicação na pista de ligantes asfálticos e agregados sem que aconteça uma interação prévia entre eles, para então acontecer a compactação a fim de propiciar o recobrimento e a fusão entre ligantes e agregados (DNIT, 2006). Ainda segundo Bernucci et al (2007), as funções primárias dos tratamentos superficiais são: adequar uma camada de rolamento com alta resistência ao desgaste (porém com pequena espessura), para acompanhar as deformações da infraestrutura promover um revestimento antiderrapante de alta flexibilidade e impermeabilizar e preservar a estrutura do pavimento

2.4.4 Técnicas Executivas

Os trabalhos de pavimentação se iniciam sobre leitos de estradas de terra já existentes ou após a terraplenagem. É realizado o nivelamento do subleito utilizando distribuidores mecânicos de agregados. Para corrigir as falhas de superfície deixadas pelo processo anterior e irrigadeiras de no mínimo 5.000 litros. É necessários rolos compressores de três rolos metálicos com peso de 10 a 12 t para compressão. Seguindo a norma geral o plano de aplicação dos rolos compactadores: nos trechos em tangente, da borda para o centro, da borda interna para a externa nas curvas e em passadas longitudinais (SENÇO, 2001).

A importação do material deve obedecer à marcação dos alinhamentos laterais fixados por piquetes espaçados é necessário para execução do reforço do subleito. Após a compactação para que resulte em espessuras de projeto, o material deve ser espalhado, normalmente sendo o mínimo entre 10 a 20 cm (LIMA, 2003). O preparo da caixa de base é necessário logo após a preparação do subleito e reforço, mostrado na Figura 06, utilizando formas de madeira com paredes de altura prevista para a camada de base (DNIT, 2006).

Figura 06 – Preparo da caixa da base

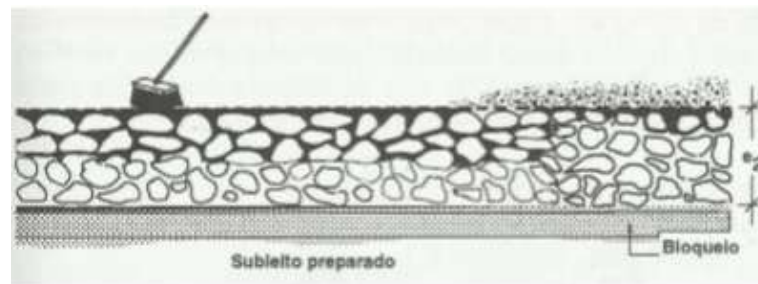


Fonte: Senço (2001, p. 20)

A sub-base é formada por agregado graúdo (pedra britada), material de enchimento (saibro, areia ou pó de pedra) e água para dar ligamento (SENÇO, 2001). Afim de atingir a espessura de projeto após a compressão o agregado graúdo é espalhado uniformemente em quantidade regrada. Em seguida, fazendo uso um compressor de três rolos metálicos, é comprimida em toda largura da camada partindo das bordas para o centro. A compressão deverá prosseguir até que os agregados não configurem ondas na frente do rolo compressor, apresentando uma superfície totalmente compacta e uniforme (LIMA, 2003).

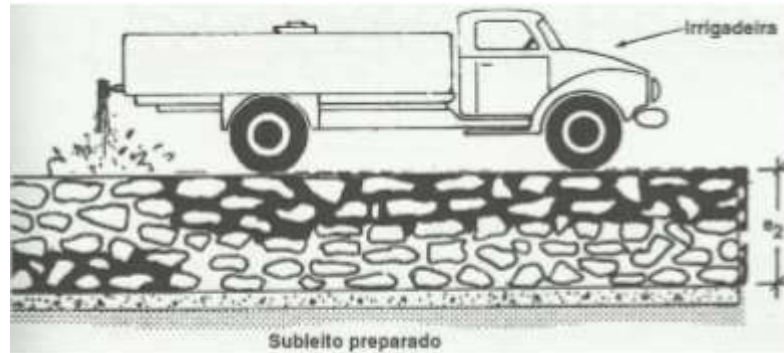
Opera-se vassouras mecânicas ou vassouras comuns após a primeira compressão, para esparramar o material de enchimento sobre a superfície comprimida até a saturação dos vazios da camada, ilustrada na Figura 07. Depois para que o material de enchimento penetre até a parte inferior do agregado graúdo é realizada a irrigação deixando as frestas novamente aparente, mostrada na Figura 08 (BERNUCCI et al, 2007).

Figura 07 - Esparrame da primeira camada do material de enchimento



Fonte: Senço (2001, p. 23)

Figura 08 – Irrigação para penetração do material de enchimento



Fonte: Senço (2001, p. 23)

Com a evaporação da água a superfície é outra vez comprimida e preenchida por material de enchimento repetindo-se os procedimentos antecedentes até que os agregados graúdos não se desprendam mais (LIMA, 2003). É necessário manter a camada de sub-base umedecida, durante sete até quinze dias, até que seja feita a imprimação impermeabilizante. Para a aplicação da base, é empregada uma mistura dosada em usina contendo agregados, material de enchimento e água (SENÇO, 2001).

A usina deve ter capacidade superior a 100 t/h (tonelada por hora) com três ou mais silos (eficiência no momento da construção), girando em sentidos opostos para produção de mistura uniforme, misturador do tipo eixos gêmeos paralelos, dosador de umidade exata e constante (BERNUCCI et al, 2007). A mistura homogênea é lançada no seu respectivo recipiente e distribuída em camadas uniformes por um separador de agregado autopropulsionado que viabiliza padronização da espessura prevista em projeto. Em casos de incidências de cavidades pode ser efetuado o preenchimento manual.

Após o espalhar o composto inicia-se a compactação (das bordas para o centro). Até que a massa específica aparente atinja o valor previsto no projeto do pavimento a compactação deve ser feita (DNIT, 2006). Terminada a compactação por rolos compressores lisos, o acabamento é executado por rolos compactadores lisos de pneu que facultam superfícies uniformes e isentas de saliências.

O teor de umidade da superfície da base deve estar dentro dos parâmetros de tolerância das normas construtivas (LIMA, 2003). Com a base pronta é necessária a execução da pintura de ligação ou imprimadura, Figura 09, para aumentar a aderência entre revestimento asfáltico e camada inferior, e para impermeabilização e aglomeração de partículas soltas da base (SENÇO, 2001).

Figura 09 – Execução da pintura de ligação ou imprimadura



Fonte: Bernucci (2007, p. 394)

Segundo Senço (2001), para dar início ao processo de imprimadura é necessário que a base esteja levemente úmida e limpa. A quantidade de asfalto deve ser obtida regulando-se a velocidade de deslocamento caminhão distribuidor em função da vazão (m^3/h) da bomba de asfalto. A área coberta e o consumo de asfalto deverão estar na relação da quantidade acordada de pintura por metro quadrado. Como já foi visto, essas quantidades oscilam entre 0,8 e 1,6 litro por metro quadrado, definindo a quantidade que resulte na completa absorção pela base até 24 horas após a término da imprimadura não é permitido nenhum tráfego em nenhuma das etapas da pavimentação.

A superfície imprimada após as 24 horas, recebe-se uma camada de areia ou mistura de pedrisco e pó de pedra, assim permitido o tráfego por um período de até um mês, porém antes da execução do revestimento asfáltico, é necessária uma nova camada de pintura de segurança do ligante (BERNUCCI et al, 2007). O revestimento é transportado da usina até o ponto de aplicação, em veículos com caçambas metálicas basculantes, que descarregam a massa dentro da vibroacabadora, que é encarregada de espalhar na largura e espessura planejada, a uma temperatura mínima de $119^{\circ} C$. Parte da compactação seguida de alisamento da massa é também realizada pela vibroacabadora, e a uma distância de até 50 metros desta simultaneamente se inicia a rolagem com rolo Tandem Liso, operada com a temperatura entre 60° e $110^{\circ} C$.

É recomendado que para evitar o aglomeramento da massa nas rodas do rolo metálico, estas deverão ser mantidas superficialmente úmidas, sem excesso de água, somente para manter as rodas livres (LIMA, 2003). Geralmente a rolagem é executada em três fases e paralelamente ao eixo da pista: A rolagem inicial possibilita a acomodação da mistura, a rolagem intermediária é a que realmente realiza a compactação da camada e a rolagem final serve para dar acabamento, eliminando eventuais marcas superficiais deixadas pelos rolos anteriores. (SENÇO, 2001).

2.5 PAVIMENTO RÍGIDO

Segundo o DNIT (2005), uma superestrutura integrada de formas que caracterizam um sistema de camadas de espessura finita, assentes sobre uma camada teoricamente infinita, a qual é designada de subleito, é classificada como pavimento, sendo uma norma de rodovia pode-se afirmar que é um pavimento de rodovia. Já de acordo com SANTANA (1993), pavimento é um sistema de estrutura executada sobre uma outra obtida pelos serviços de terraplenagem, com a função de fornecer segurança e conforto para o usuário, que devem ser logrados pela engenharia, ou seja, com o custo benefício mais rentável possível. A estrutura deverá estar adequada a receber os esforços e distribuí-los através de suas camadas até o subleito, esforços provenientes do tráfego.

O pavimento rodoviário é classificado entre três tipos: rígidos, flexíveis e semirrígido. Mas recentemente usar a nomenclatura de concreto de cimento Portland (ou ainda concreto-cimento) e pavimentos asfálticos é uma tendência, para indicar qual tipo de revestimento é o utilizado (BERNUCCI et al., 2007).

O pavimento rígido é, conforme DNIT (2005), aquele que, em relação as camadas inferiores, o revestimento tem uma elevada rigidez, absorvendo praticamente todo carregamento imposto a estrutura, diferente do flexível que transfere muita carga para as camadas inferiores do pavimento. Segundo Pitta (1989), esta nomenclatura tem sido aplicada para denominar uma placa de concreto simples, com ou sem barras de união, ou mesmo de concreto armado, com alta resistência, que fraciona ao subleito as forças solicitantes dos carregamentos provenientes das cargas sobreposta na superfície. Este tendo como componente de cooperação uma camada intermediária nomeclaturada sub-base, com aspectos estruturais semelhantes a base de um pavimento flexível.

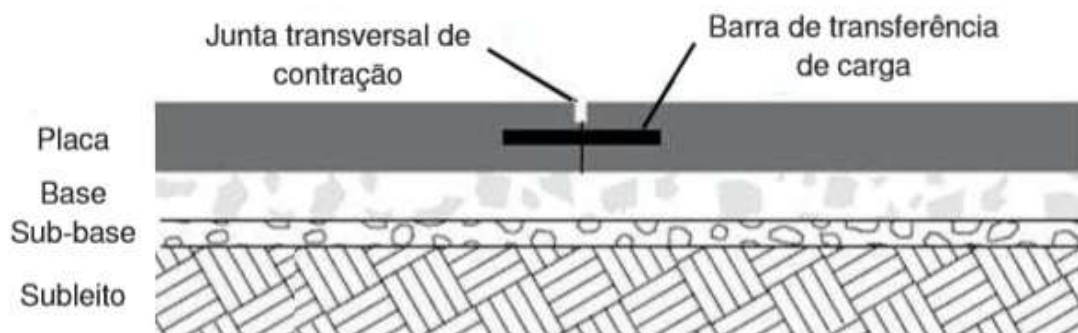
Ainda de acordo com Bernucci et al. (2007), os pavimentos de concreto cimento consistem naqueles em que o revestimento é uma placa de concreto em cimento Portland, com a espessura estabelecida na dependência da característica da resistência a flexão das placas e das resistências das camadas contidas. No Brasil, além da rodovia estadual Anchieta (SP-150), uma das principais rodovias do país com revestimento rígido, que liga a cidade de São Paulo à baixada santista, um outro exemplo pertinente de via de concreto é o Rodoanel da cidade de São Paulo. Projetada para desafogar o transito de São Paulo, de veículos que irão passar por São Paulo para chegar ao seu destino, que será uma via expressa com 161 quilômetros de

extensão e duas pistas de 3 a 4 faixas de rolamento por sentido. Obra que é aguardada conclusão trecho norte.

O uso de concreto na pavimentação de vias, visto suas vantagens em relação ao flexível para tráfegos pesado e intenso, está se tornando cada vez mais comum. De acordo com BAUER (1995), a estrutura dos pavimentos flexíveis sujeita ao carregamento do tráfego intenso das vias urbanas possuem pouca elasticidade devido a sua alta taxa de flexibilidade, ocasionando assim deformações permanentes. Por isso as rodovias e vias urbanas com tráfego intenso ou tráfego pesado e lento devem ser construídas de concreto, porque seu índice de elasticidade é maior e sua capacidade de ser exigida a grandes carregamentos e voltar ao seu estado natural é maior, dando assim mais vida útil ao pavimento.

O concreto oferece muitos benefícios ao usuário da rodovia, sendo elas: maior aderência dos pneus em relação ao asfalto, diminuindo assim conseqüentemente a possibilidade de acidentes, como também de ser impermeável, impedindo a infiltração de água, diminuindo assim a resistência e vida útil das camadas inferiores do pavimento e diminuindo também a formação de buracos na estrutura (MESQUITA, 2001). Em relação a estrutura do pavimento, as vias de concreto típicas apresentam base, subleito e as placas de concreto, com juntas transversais e longitudinais, cuja função é a transferência de carga de uma placa para a outra, caracterizando menos camadas que o pavimento flexível. A figura 10 mostra o esquema típico deste tipo de pavimento.

Figura 10 - Estrutura de um pavimento rígido

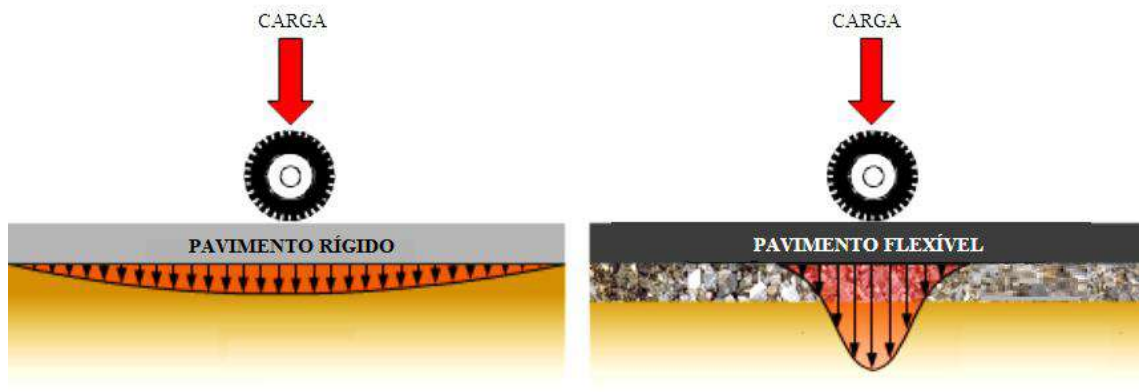


Fonte: Balbo 2009

Conforme a Balbo (2009), o pavimento rígido reage distribuindo a força ou carga aplicada pelos pneus do veículo de forma diferente ao flexível, distribuindo a carga em uma área maior nas camadas inferiores, dividindo a carga, tornando a carga mais distribuída e menos aplicada (pontual). No pavimento rígido, as placas de concreto absorvem quase todo

carregamento, sendo o subleito estruturalmente menos vulnerável a cargas pesadas, diferente da flexível que transfere muita carga para o subleito, assim como mostrado na Figura 11.

Figura 11 – Estrutura de um Pavimento Rígido



Fonte: Balbo (2009 *apud* Sian, 2007, p.10)

De acordo com as informações de Mesquita (2001), as principais características os pavimentos rígidos são: grande vida útil (mais de 20 anos), com pouca manutenção até esse período, matéria prima em grande escala na natureza e com aspectos bem definidos, qualidade é mantida ao longo dos anos do pavimento, é praticamente impermeável, tem um melhor escoamento da água superficial e boa reverberação da luz com maior distância de visibilidade horizontal.

2.5.1 Tipos de Pavimento Rígido

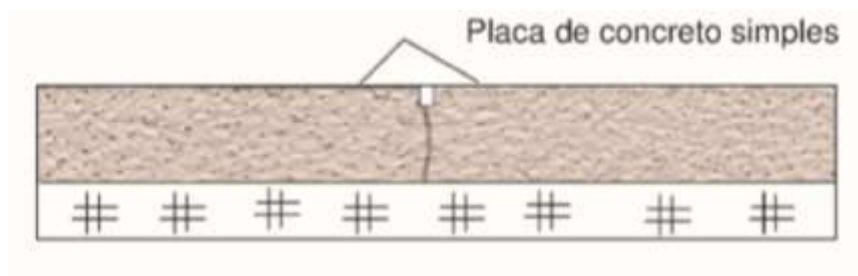
2.5.1.1 Concreto Simples de Cimento Portland

O pavimento de concreto de cimento Portland, também chamado de pavimento de concreto simples, é constituído de placas de concreto de cimento Portland apoiados sobre a fundação nos quais os esforços tanto de tração quanto de compressão, são resistidos apenas pelo concreto, ou seja suas camadas tem pouca função estrutural de resistência as cagas solicitantes (OLIVEIRA, 2000). Os tipos de pavimento de concreto simples de cimento Portland: Placas de concreto simples sem barra de transferência, placas de concreto simples com barras de transferência, placas de concreto simples armado descontinuamente e de concreto simples armado continuamente.

2.5.1.1.1 – Placas de concreto simples sem barras de transferência

Placas de concreto simples sem barras de transferência: de acordo com DNIT (2005), esse tipo de pavimento tem sua utilização exclusiva para vias de cargas pequenas, vias de volume baixo de tráfego, sua composição não dispõe de aço e tem aderência entre os agregados, da forma de atrito entre eles, como única forma de transferência de carga entre cargas, estabelecendo assim o emprego de placas mais curtas, na ordem de 5 a 6 metros de comprimento (OLIVEIRA, 2000). Observe a Figura 12.

Figura 12 Placa de concreto simples sem barras de transferência

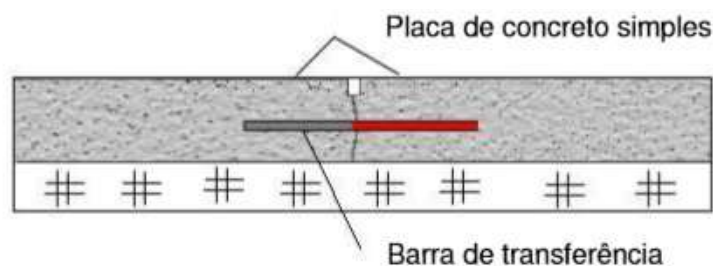


Fonte: DNIT (2006, adp.)

2.5.1.1.2 Placas de concreto simples com barras de transferência

Placas de concreto simples com barras de transferência: são, diferentes da sem barras, dotadas de um sistema artificial de transmissão de cargas, possibilitando uma situação diferente de trocas de cargas, formado por barras curtas de aço liso, postada na meia-seção das juntas transversais, como ilustrado da Figura 13. As placas geralmente têm comprimento de 9 a 12 metros, já que as barras possibilitam trocas mais eficientes de cargas, sendo elas mais resistentes do que as placas sem barras de transferência, e também mais utilizadas. (DNIT, 2005).

Figura 13 – Placas de concreto simples com barras de transferência

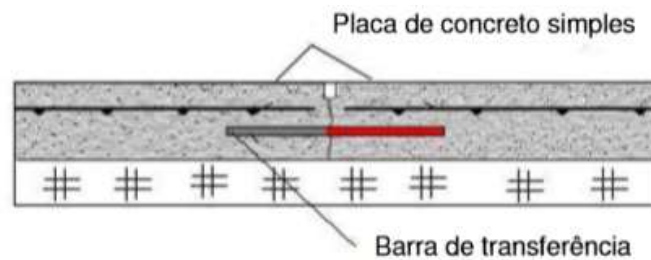


Fonte: DNIT (2006, adp.)

2.5.1.1.3 – Placas de concreto simples armado descontinuamente

Placas de concreto simples armado descontinuamente: contam com barras de aço sob a forma de armadura distribuída, que se localiza antes de cada junta transversal, nas quais é obrigatório o uso de barras de transferência (Figura 14), que não tem função estrutural aumentando a resistência da placa a flexão, agindo com exclusiva função de manter as fissuras fortemente ligadas (DNIT, 2005). Este tipo de pavimento possibilita a execução de placas de até 30 metros de comprimento e mais de 6 metros de largura, entretanto no Brasil é mais comum o uso de placas com comprimento entre 12 e 15 metros (OLIVEIRA, 2000).

Figura 14 – Placa de concreto simples armada descontinuamente

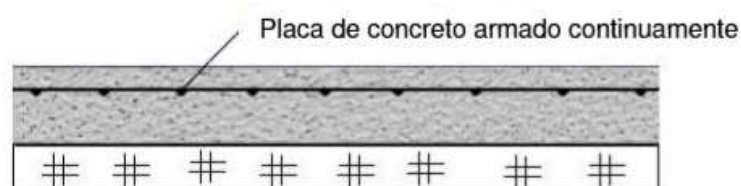


Fonte: DNIT (2006, adp)

2.5.1.1.4 – Placas de concreto simples armado continuamente

Placas de concreto simples armado continuamente: conforme DNIT (2005) não há juntas transversais (barra de transferência nas juntas) de retração neste tipo de concreto, diferente da descontinua, e a armadura, bastante pesada, assegura que se tenha boa transmissão de carga nas fissuras, como podemos ver na Figura 15. Já o comprimento das placas é igual a extensão diária construída. Devido ao elevado custo de construção, este pavimento nunca foi usado no Brasil (OLIVEIRA, 2000).

Figura 15 – Placas de concreto simples armado continuamente



Fonte: DNIT (2006, adp)

Todos os tipos de placas de concreto descritas acima expõem uma grande área exposta a umidade e ao ar e suas variações de temperaturas, que precisam obter cuidados adequados. O concreto deve suportar a mínima retração possível, e ter resistência considerável para assimilar e transferir os esforços causados pelo carregamento e do clima (DNIT, 2005). A resistência tem que ser a ideal, ou seja, a de projeto, garantindo baixa retração e alta resistência à tração na flexão, justificando-se em que aumentar excessivamente a resistência do concreto resulta em maior custo e gasto de cimento e um comportamento mais retrátil (OLIVEIRA, 2000).

2.5.1.2 *Whitetopping*

Segundo DNIT (2005), o *Whitetopping* nada mais é que uma camada rígida de reforço para reabilitação de pavimentos asfálticos, logo, o pavimento antigo ainda existe, mas é colocada uma sobrecapa de concreto de cimento *Portland*, garantindo um bom funcionamento (desempenho) de um pavimento rígido novo. Não é considerada aderência entre o pavimento remanescente e o concreto. Os principais materiais utilizados são o cimento, agregados graúdos, miúdos, água, aditivos e selantes (MESQUITA, 2001).

De acordo com NETO (2011) este modelo de pavimentação caracteriza-se como forma de revitalização do pavimento asfáltico que apresentava algum defeito estrutural, com a metodologia de aplicação diferenciando-se em face ao tipo e a gravidade do defeito observado no pavimento anterior. A colocação pode ser de forma direta, por fresagem ou construção de uma camada de nivelamento. Segundo MESQUITA (2001), a tecnologia de *Whitetopping* pode ter um grande impacto social e econômico nos usuários, devido ao custo e facilidade de execução.

Ainda de acordo com o mesmo autor, as principais características deste tipo de pavimento rígido são: Permite a colocação de sobre capas em pavimento que tenham qualquer condição de deterioração superficial; Requer preparação da base existente, eliminando a poeira por lavagem com água e varrição, melhorando a aderência entre o concreto e a camada asfáltica; Aumenta a vida útil do pavimento em até 15 anos se for bem executado; Incrementa significativamente os efeitos luminosos da via, reduzindo os gastos com a iluminação noturna;

Embora tenha suas vantagens, o DNIT (2005) afirma que o uso de camada rígida superposta a um pavimento flexível não é comum em projetos de reabilitação de pavimentos, podendo ser mais viável em caso de pavimentos seriamente danificados. A espessura depende diretamente da avaliação da capacidade de suporte do pavimento existente, que pode ser

verificado por medida direta, utilizando o dispositivo *Falling Weight Deflectometer* (FWD), caso sejam conhecidas as características das camadas, ou pelo processo de viga Benkelmann (PITTA, 1996).

Na execução, aplicase uma camada asfáltica nivelante sobre o pavimento existente antes do lançamento do pavimento superposto, para eliminar as irregularidades superficiais (DNIT, 2005). O dimensionamento do *Whitetopping* consiste em determinar o módulo de reação (coeficiente de recalque – k) do pavimento existente, e em seguida dimensionar a camada superposta de concreto simples, com ou sem armaduras (não estrutural, apenas combatendo a retração) e barras de transferência (DNIT, 2005).

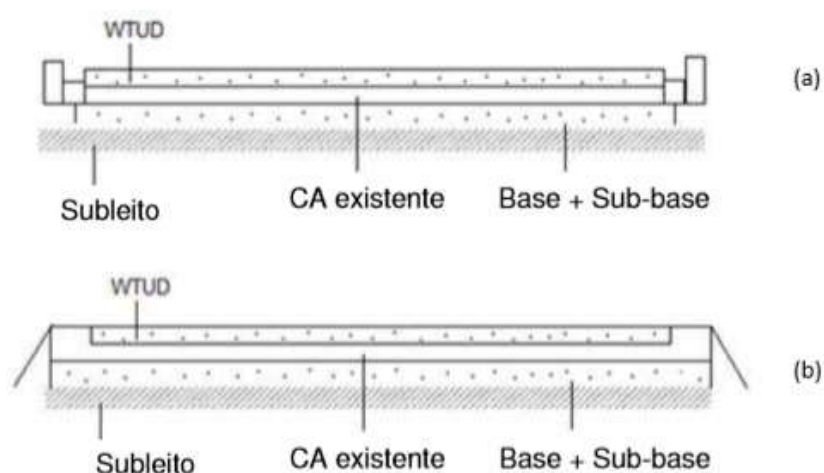
As principais limitações do método, segundo Balbo (2009), são a necessidade de se liberar o tráfego rapidamente e o aumento da espessura final do pavimento, que em áreas urbanas acabaria diminuindo o gabarito sob os viadutos, afetando também o encontro do pavimento com a sarjeta.

2.5.1.3 - *Whitetopping* Ultradelgado de concreto (WTUD)

O *Whitetopping* ultradelgado é uma técnica de recuperação de pavimento que, ao contrário do *Whitetopping* tradicional, necessita de uma aderência entre o pavimento asfáltico remanescente e o novo pavimento de concreto de cimento Portland, podendo ser o mesmo sobreposto ou encaixado ao pavimento asfáltico existente (SIAN, 2007).

O autor ainda afirma que a aderência pode ser obtida por fresagem, limpeza e remoção do material solto antes da aplicação da nova camada.

Figura 16 - Sistema de moldagem sobreposta (a) ou encaixada (b) do pavimento WTUD



Fonte: Balbo (2009)

MESQUITA (2001) afirma que a tecnologia do *Whitetopping* tem evoluído também para o *Ultra-Thin Whitetopping* (Ultra-Delgado Whitetopping), permitindo a utilização de uma espessura muito pequena, reduzindo significativamente o custo da mesma. Para BALBO (2009) a diferença entre ambos seria a espessura do concreto de cimento Portland, aonde que para espessuras iguais ou inferiores a 100 milímetros e aderidas ao concreto asfáltico, o pavimento pode ser considerado do tipo WTUD. O autor também acrescenta como diferença entre ambas tecnologias o fato de que o espaçamento entre as juntas é menor no WTUD.

O WTUD, pelas suas características, é recomendado para vias com baixo volume de tráfego, como ruas residenciais, estacionamentos de carros e pavimentos asfálticos que apresentem trilha de roda (SIAN, 2007).

2.5.1.4 - Macadame Cimentado

É um tipo de pavimento rígido onde as bases são caracterizadas, genericamente, pela participação do cimento em sua composição, oferecendo uma resistência considerável para aplicação do revestimento (NETO, 2011). O macadame com cimento é utilizado tanto como base quanto como revestimento, podendo ou não ter armadura metálica em sua estrutura (SENÇO, 2007).

Segundo LIMA (2003), macadame cimentado trata-se de uma base de agregado graúdo, com diâmetro máximo entre 50 e 90 milímetros, cujos vazios são preenchidos por um material britado, de granulometria mais fina misturado com cimento. Com isso ocorre a diminuição dos vazios, o travamento e a ligação entre os diferentes agregados, tornando a estrutura mais estável.

O principal problema deste pavimento é em função da poeira, que além de ser desconfortável para o motorista pode danificar a estrutura do pavimento (LIMA, 2003).

3 ESTUDO DE CASO

3.1 PROJETO DE TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPLO (TSD)

O Projeto Executivo Volume 3 da GO-454 de Cocalinho é um projeto que contempla todas as fases de execução, como: pavimentação, terraplanagem, drenagem, sinalização, geométrico, complementares, entre outros. O projeto contém 617 páginas de detalhamento, das varias fases de execução e uma delas é especificamente a de pavimentação. O projeto é de autoria da GEOSERV – Serviços de Geotecnia e Construções Ltda, com data de agosto de 2005, após concluir-se o projeto foi entregue aos cuidados da AGETOP.

O projeto de pavimentação inicia com os desenhos dos cortes da seção transversal da estaca 00 até a 2760, ilustrando suas dimensões de estrada e acostamento, onde do eixo da pista até o acostamento tem-se 3,50 metros de largura e 1,30 de acostamento sendo iguais tanto do lado direito quanto do lado esquerdo da pista as dimensões e inclinação de aterros de 2/3 e mostrando as camadas de pavimentação que se apresenta no ANEXO A de trabalho. A segunda ilustração do projeto mostra a estrada numa seção transversal da estaca 2760 até o a última estaca 3153+16,60 como ilustrado no ANEXO B onde mostra a mudança e largura do acostamento para 2,50 metros.

Em seguida o projeto vem ilustrando as camadas respectivas do pavimento, os materiais, as espessuras, as normas usadas como referências e a descrição da camada, sendo

- Camada 1: Microvestimento, RL-1C com Polímero, 8mm, DNIT-035/2005-ES e microvestimento;
- Camada 2: TSD, RR-2C, pista e acostamento, AGETOP-ES-P 10/01, tratamento superficial duplo;
- Camada 3: Imprimação, Cm-30, Espessura sem especificação, AGETOP-ES-P 01/01, imprimação;
- Camada 4: Base, cascalho $ISC \geq 80\%$, 20 cm, AGETOP-ES-P 05/01, solo melhorado com 3% de cimento;
- Camada 5: Sub-base, Cascalho $ISC \geq 20\%$, 20 cm, AGETOP-ES-P 03/01, sub-base estabilizada granulometricamente sem mistura;
- Camada 6: Regularização do subleito, solo $ISC \geq 8\%$, variável, AGETOP-ES-P 01/01, regularização do subleito;

- Camada 7: Camada final de terraplagem, solo ISC $\geq 8\%$, variável, AGETOP-ES-T 05/01, aterros e
- Camada 8: corpo de aterro, solo local, variável, AGETOP-ES-05/01, aterros.

Os ANEXOS C, D, E, F contém partes do projetos para entendimento do que descrito anteriormente sobre as camadas, espessuras, materias usados em projeto. Ilustrado também a relação de pavimento adotado, trazendo a espessura adotada, o material usado e as especificações ou norma obedecida, de acordo com as Tabela 03 e Tabela 04 a seguir:

Tabela 3 – Perfil do pavimento adotado – Estaca 0 a 2670

CAMADA	ESPESSURA	MATERIAIS	ESPECIFICAÇÃO
Microrevestimento	8 mm	RL-1C c/ Polímero	DNIT 035/2005-ES
Tratamento superficial duplo	Pista de Acost.	RR-2C	AGETOP ES-P 10/01
Imprimação	-	CM-30	AGETOP ES-P 07/01
Base com solo cimento 3%	20 cm	Cascalho ISC 80%	AGETOP ES-P 05/01
Sub-base	20 cm	CascalhoISC 20%	AGETOP ES-P 03/01
Regularização do subleito	20 cm	Solo ISC 10%	AGETOP ES-P 01/01
Camada final de terraplenagem	60 cm	Solo ISC 8%	AGETOP ES-T 05/01
Corpo do Aterro	variável	Solo ISC 2%	AGETOP ES-T 05/01

Fonte: Projeto Cocalinho – Pag. 554 adaptada

Tabela 4 – Perfil do pavimento adotado – Estaca 2670 a 3153+16,60

CAMADA	ESPESSURA	MATERIAIS	ESPECIFICAÇÃO
Microrevestimento	8 mm	RL-1C c/ Polímero	DNIT 035/2005-ES
Tratamento superficial duplo	Pista de Acost.	RR-2C	AGETOP ES-P 10/01
Imprimação	-	CM-30	AGETOP ES-P 07/01
Base com solo cimento 3%	20 cm	Cascalho ISC 80%	AGETOP ES-P 05/01
Sub-base	20 cm	CascalhoISC 20%	AGETOP ES-P 03/01
Regularização do subleito	20 cm	Solo ISC 10%	AGETOP ES-P 01/01
Camada final de terraplenagem	60 cm	Solo ISC 8%	AGETOP ES-T 05/01
Corpo do Aterro	variável	Solo ISC 2%	AGETOP ES-T 05/01

Fonte: Projeto Cocalinho – Pag. 554 adaptada

A partir dessas tabelas e figuras, já podemos observar parte do dimensionamento do projeto, onde especifica o material que será usado em cada camada do pavimento, a espessura do pavimento e o Índice de Suporte Califórnia (CBR ou ISC) de cada camada. Parâmetros que são nada mais que a capacidade de resistência do solo e as considerações normativas que usaram para basear o dimensionamento de cada camada respectiva. O projeto segue falando considerações construtivas de solo, condições dos materiais e padrões de cálculos que serão expostos aqui nessa análise.

As primeiras considerações de análise construtivas que foram feitas, foi sobre a terraplenagem, consideração que caracterizam o início do dimensionamento. Onde eles indicam que no segmento entre as estacas 0 a 2760 as camadas de aterro serão compactadas com grau mínimo de 95% do método DNER-ME 47/64, sendo as últimas três camadas, com espessura de 20 cm cada, compactadas com grau mínimo de 100% . No segmento entre as estacas 2760 até o final serão compactadas todas com grau mínimo de 100%. A espessura total dessa camada será de 60 cm.

A regularização do subleito vem como a seguinte fase de projeto. A camadas a ser construída, foi dimensionada com uma espessura de 20 cm, seguindo as especificações de terraplenagem, seguindo o método DNER-ME 47/64. Não houve cálculo somente seguindo as regras do DNER-ME. O material usado é o do próprio solo natural, sendo feita modificações de acordo com a DNER se necessário, onde se utiliza o solo proveniente de cortes que serão feitos no percurso da estrada.

Após a regularização do subleito vem a camada da sub-base, terceira fase de projeto. Que foi dimensionada com cascalho, com espessura constante de 20 cm, compactada e com ISC mínimo estático de 20%. A base, quarta fase, que especificamente para esse projeto terá o uso de cimento Portland CP-32 além da brita graduada, com espessura de 20 cm e ISC maior que 80%. A imprimação que é uma camada líquida de um material betuminoso afim de impermeabilização e aderência do revestimento asfáltico na camada da base, será imprimada com asfalto diluído CM-30, com taxa 1,0 a 1,4 Kg/m².

Até essa parte do projeto o projetista não exemplificou nenhum cálculo, somente citando as normas como justificativa para as camadas, seus materiais e suas respectivas espessuras. Deixando bem claro em todos os tópicos abordados que a base de projeto para as camadas de pavimentação foi o DNER-ME.

Do tratamento TSD (Tratamento Superficial Duplo), que é um dos métodos mais antigos e mais econômicos a se fazer revestimento asfáltico para rodovias de baixo e médio volume de tráfego, sobre bases granulares. Vale ressaltar que a nível de dimensionamento o valor de

cálculo “N” (Número equivalente de eixo padrão de 8,2t), valor que é usado para dimensionamento estrutural do pavimento, não é adequado para avaliar o compartilhamento do TSD, já que os veículos de pequeno peso também influenciam no desgaste superficial e no encaixamento do agregado na camada subjacente. Sendo assim foram consideradas outro padrão de cálculo que não caracteriza o Valor N de dimensionamento padrão.

O primeiro parâmetro adotado de tráfego foi o VMD (Número diário médio de todos os veículos nos dois sentidos da pista) > 2000 (maior que dois mil), fator de enchimento (Fe) = 0,5 a 0,6 dentro da categoria 1. Os Materiais escolhidos foram emulsão asfáltica RR-2C por ter propriedades mais viscosas e ser mais adequada para o clima e agregado graúdo com produtos de britagem sendo considerados no quantitativo para emulsão asfáltica 3 Kg/m² e para agregado 32kg/m².

Por fim o microrevestimento a frio (diferente da emulsão RR-2C que é operada a quente), com emulsão modificada por polímeros, consiste na associação de agregado, material de enchimento (filler), emulsão asfáltica modificada por polímeros, água, aditivos se necessário com consistência fluida, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada. Essa camada foi dimensionada com uma camada de 8 mm.

Então tem-se os seguintes dados:

- até a camada do subleito, todo o processo de compactação e preparo do solo (fundação da pavimentação) é feito com o solo natural da região,
- totalizando terraplenagem e subleito 80 cm de espessura (60 cm terraplenagem e 20 cm subleito),
- a sub-base foi dimensionada com cascalho e a uma espessura de 20 cm, a base com brita e cimento CP 32 e espessura de 20 cm,
- uma camada de imprimação com CM-30 (que não tem função estrutural),
- no TSD agregado graúdo (brita) e emulsão asfáltica RR-2C espessura de 2,5 cm e o microrevestimento com espessura de 8 mm de emulsão asfáltica RL-1C, ANEXO D e ANEXO F.

A fase de cálculos do projeto somente justifica o TSD, sendo o primeiro a dosagem do Agregado:

$$A = \frac{MDM(1-0,4Vs)Mg}{Ma} \quad (1)$$

Onde:

- MDM = Média da menor dimensão, em mm
- Vs = Razão de Vazios de Agregado soltos

- Mg = Massa específica efetiva em grãos, em g/cm^3
- Ma = Massa específica aparente do agregado solto, em g/cm^3

O Segundo, Taxa de Ligante residual:

$$LR = Vc \cdot MMD \cdot Fe \cdot \left(1 + \frac{Fa}{100}\right) + S \quad (2)$$

Onde:

- LR = Taxa de Ligante Residual
- Vc = Razão de Vazios do agregado
- MDM = Média de menor dimensão, mm
- Fe = Fator de Enchimento
- Fa = Fator de Correção (%)
- S = Correção (L/m^2)

Após ter calculado isso, usou-se o Método de Vogt e o método de LPC, para usar nos parâmetros do Método de Asphalt Insulte.

$$Vt = 1,12 \cdot Dx \cdot Vr \quad (3)$$

$$Vr = 0,07 \cdot Dx \quad (4)$$

$$Dx = \frac{D_{90} + D_{10}}{2} \quad (5)$$

$$L = 0,45 + 0,057 Dx \quad (6)$$

Onde:

- Vt = Razão Volt
- Vr = Taxa de perda
- Dx = Média de Diâmetros, em mm
- L = Taxa de Ligantes

$$Vm = 0,8 \cdot Dm + 1,5 \quad (7)$$

$$Dm = \frac{D+d}{2} \quad (8)$$

$$Vb = \frac{Vm+0,5}{12} \quad (9)$$

Onde:

- Vm = Razão LPC
- Dm = Diâmetro Médio
- Vb = Taxa de ligantes

Apartir dessa tabela chega-se a um valor de 63,1 km de extensão de estrada, de acordo com as figuras da seção transversal chegamos a duas larguras em função da estaca 2670, da estaca 0 a 2670 uma largura de 9,6 metros e da estaca 2670 até 3153+16.66 12 metros de largura. Se calcularmos a área da estaca 0 a 2670 temos 54.000 metros que multiplica 9,6 metros, resulta em 518.400 metros quadrados (m^2), da 2670 em diante resulta em 9100 metros de comprimento com 12 metros de largura, gera uma área de 109.200 m^2 , somando uma área total de 627.600 metros quadrados. Apartir de uma planilha chegamos ao valor de custo de R\$ 28.215.812,95.

3.2 DIMENSIONAMENTO PAVIMENTO RÍGIDO

Apartir desses dados será executado os cálculos do pavimento rígido, sugerido para análise de comparação. Aproveitando o estudo do Subleito do projeto de pavimentação em TSD já temos definido um valor de CBR de 10% que em análise de tabela (Tabela a seguir) dada na norma do DNIT tem-se em conjunto com o dimensionamento o valor do coeficiente de recalque de 5,5 $Kgf.cm^2/cm$ (K), que será usado no dimensionamento do pavimento rígido.

Sabendo que a fundação do pavimento é constituída pelo subleito e pela sub-base, consideraremos uma sub-base como sub-base tratada com cimento (Solo-cimento), que é um solo melhorado com cimento, brita graduada, tratada com cimento concreto rolado. A norma nos sugere outra tabela de dimensionamento de espessura de sub-base apartir dos requisitos de material escolhido, sendo de 10 a 20 centímetros, resistência de compressão entre 1,4 e 2,1 MPA e um consumo mínimo de cimento de 5% em massa, Quadro 01 a seguir:

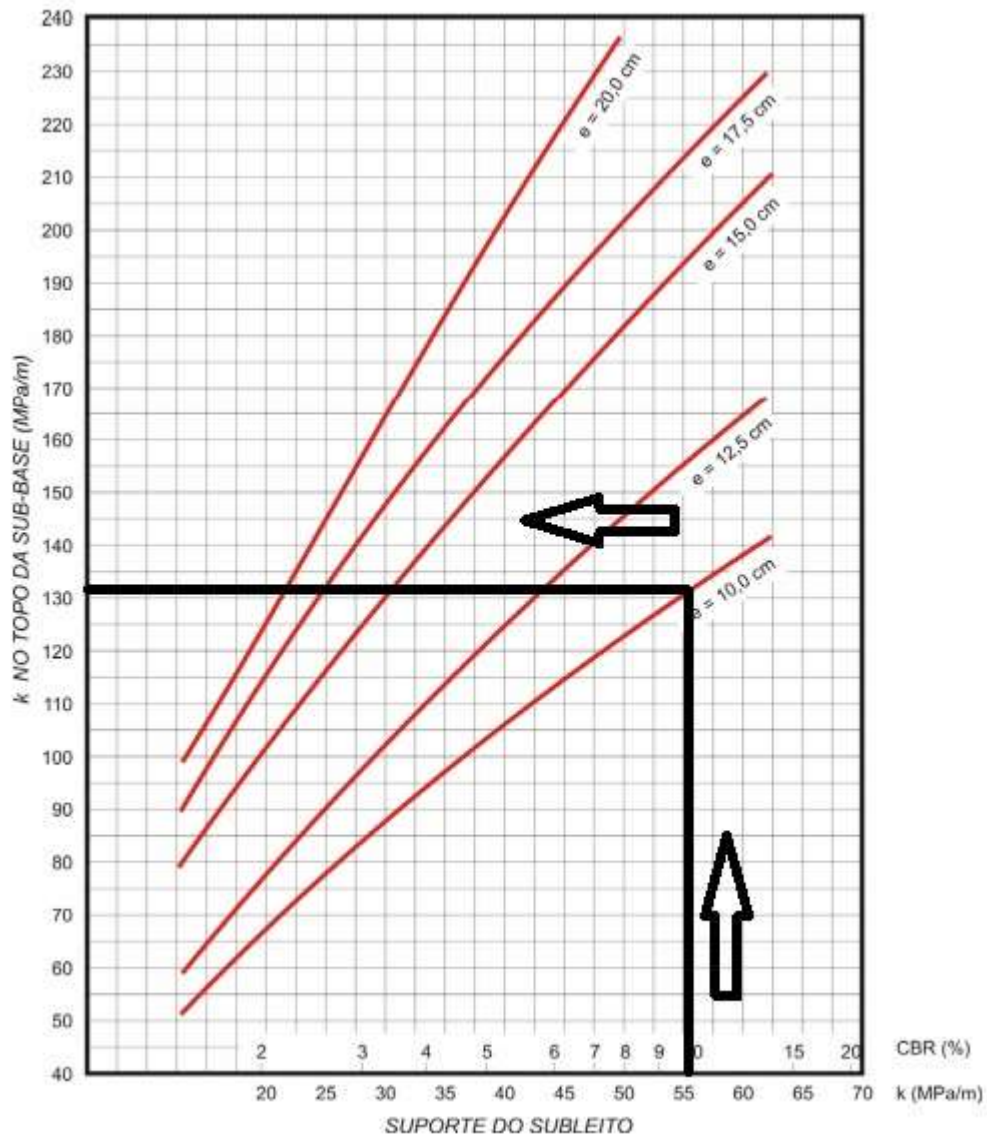
Quadro 01 – Características usuais estabilizadas com cimento

Tipos de Estabilização	Requisitos Mínimos de Granulometria e Outros	Requisitos de Dosagem	Espessuras Usuais
Solo-cimento	Figura 14	1) Resistência mínima à compressão simples, aos 7 dias, entre 1,4 e 2,1 MPa 2) Consumo mínimo de cimento igual a 5% em massa	10cm a 20cm
Brita tratada com cimento	Figura 15	1) Resistência à compressão simples, aos 7 dias, entre 3,5 e 5,0 MPa 2) Consumo mínimo de cimento igual a 3% em massa	10cm a 20cm
Concreto pobre (ou rolado)	Figura 16	1) Resistência característica à compressão simples, aos 7 dias, entre 3,0 e 7,0 MPa. 2) Relação cimento:agregado entre 1:15 e 1:22	7,5cm a 15cm
Solo melhorado com cimento	DNER-ESP09-71	1) Índice de suporte Califórnia igual ou maior que 30% (conforme DNER-ES-P 09-71) 2) Consumo mínimo de cimento igual a 3% em massa	10cm a 20cm

Fonte: Manual DNIT 2006

Sendo assim, passa-se a dimensionar um K para sub-base a partir do CBR (10%) do subleito e da espessura mínima da sub-base adotada pelo projetista sugerida pela norma de 10 cm, lança os dados no ábaco de dimensionamento e obtém-se um K no topo da sub-base de 130 Mpa/m (13,0 Kgf/cm), ilustrada na figura a baixo. Lê-se o ábaco da seguinte maneira, a partir do valor do k do subleito traça-se uma reta vertical até a espessura definida, ao encontrar a reta com a curva da espessura traça-se outra reta da direita para a esquerda para encontrar o valor do K aumentado, devido a presença de uma subbase melhorada com cimento.

Figura 17 – Aumento do K devido à presença da sub-base solo cimento



Fonte: Manual DNIT 2006

A norma segue no dimensionamento, definindo o projeto de drenagem, que não entrará em análise nesse estudo. Enfim chega-se no dimensionamento do pavimento rígido, método usado para dimensionamento é o PCA Portland Cement Association 1984, método baseado na carga Máxima. Usaremos o método simples com barras de transferência e com acostamento como método de parâmetros, placas de 10 metros de comprimentos, é necessário para dimensionamento estar atento a fadiga da estrutura e a erosão da mesma, pontos que influenciam diretamente no dimensionamento.

É dado pela norma um quadro de fator de segurança de carga (FCS), será adotado 1,2 que é o fator de segurança para rodovias, a norma nos auxilia que se projetarmos um acostamento de concreto teremos uma economia de 3 a 4 cm de espessura do pavimento. A vida

útil do pavimento será adotada 20 anos, o tráfego será adotado o do estudo de TSD que vale lembrar, não houve um estudo de tráfego e foi utilizado o valor mínimo de tabela, 2000 veículos por dia.

Para esse método o projetista tem que adotar uma espessura tentativa para tirar alguns valores dos ábacos, caracterizando um cálculo de tentativa e erro, onde os resultados tem que atender um valor dentro do sistema em porcentagem.

Quadro 2 - Fator de segurança por carga

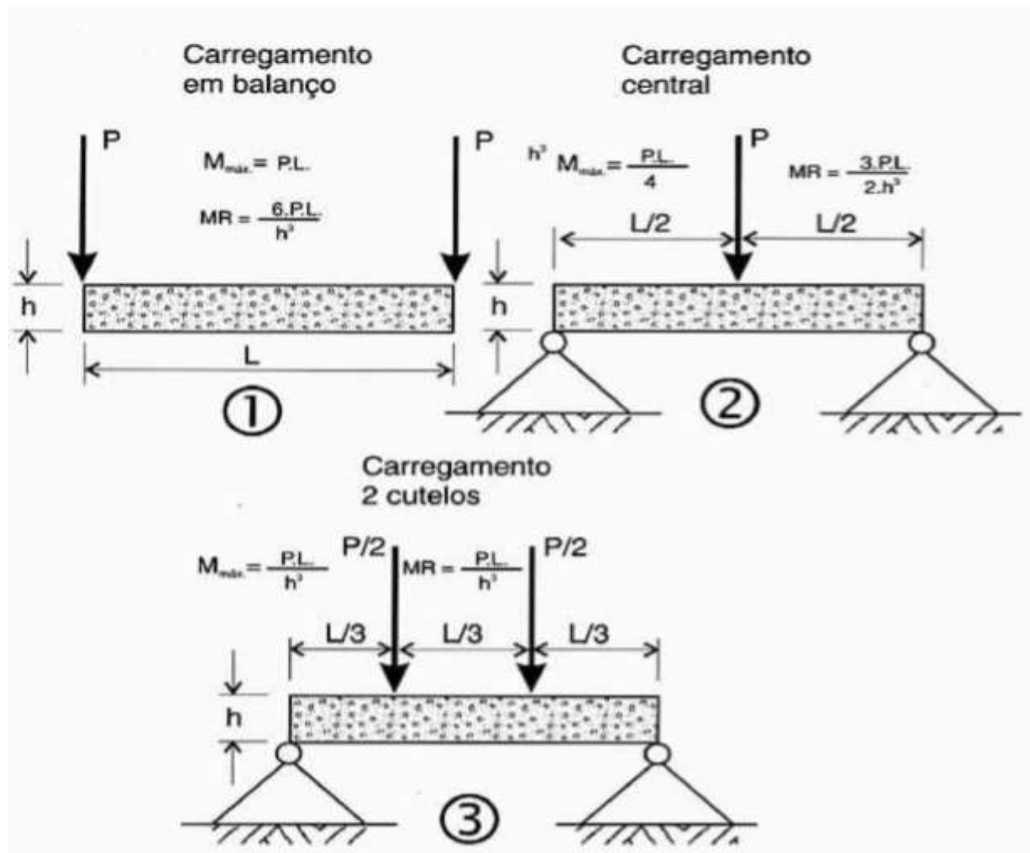
Tipo de Pavimento	FSC
– para ruas com tráfego com pequena porcentagem de caminhões e pisos em condições semelhantes de tráfego (estacionamentos, por exemplo)	1,0
– para estradas e vias com moderada frequência de caminhões	1,1
– para altos volumes de caminhões	1,2
– pavimentos que necessitem de um desempenho acima do normal	Até 1,5

Fonte : Manual DNIT 2006

O Método de Carga Máxima é um método empírico, baseado na análise de dados, já que para se usar o Método de cálculo PCA deveria se ter feito um estudo de tráfego dando parâmetros de justificativa para os Ábacos de Pickett e Ray. Esse método é verificado em função da carga máxima admitida ou prevista em rodovias, ou seja, carga máxima por eixo simples, eixo tandem duplo e eixo tandem triplo, os valores máximos multiplica-se por um fator de carga de segurança de 1,2 como na tabela anterior, usa-se o coeficiente de recalque do subleito.

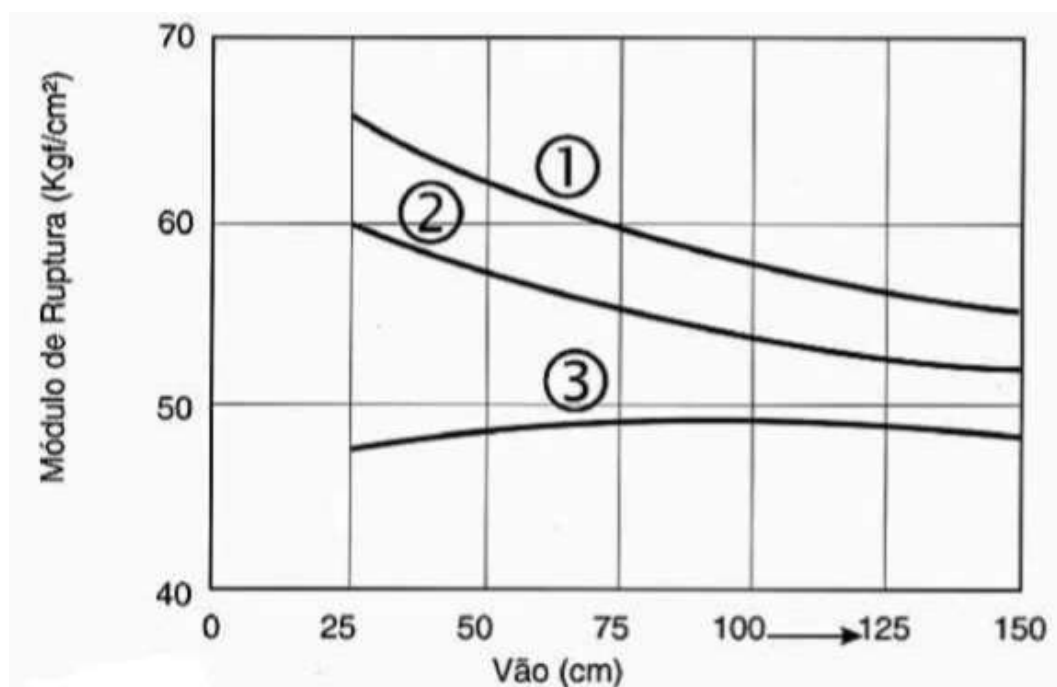
Apartir desses valores se considera um ponto A no Ábaco de Pickett e Ray. Apartir do ponto A com o valor da tensão mínima obtido pelo modulo de ruptura podemos dimensionar a espessura do pavimento. Tensão mínima é igual a metade do modulo de ruptura. Modulo de ruptura é obtido pelo resultado do ensaio do concreto, como esse ensaio não foi feito adotaremos o Módulo de ruptura mínimo de tabela de norma apartir do gráfico abaixo.

Figura 18 – Equações para definir o Módulo de Ruptura



Fonte: Senço (pg. 687)

Figura 19 - Gráfico do Módulo de Ruptura



Fonte: Senço (Pg. 687)

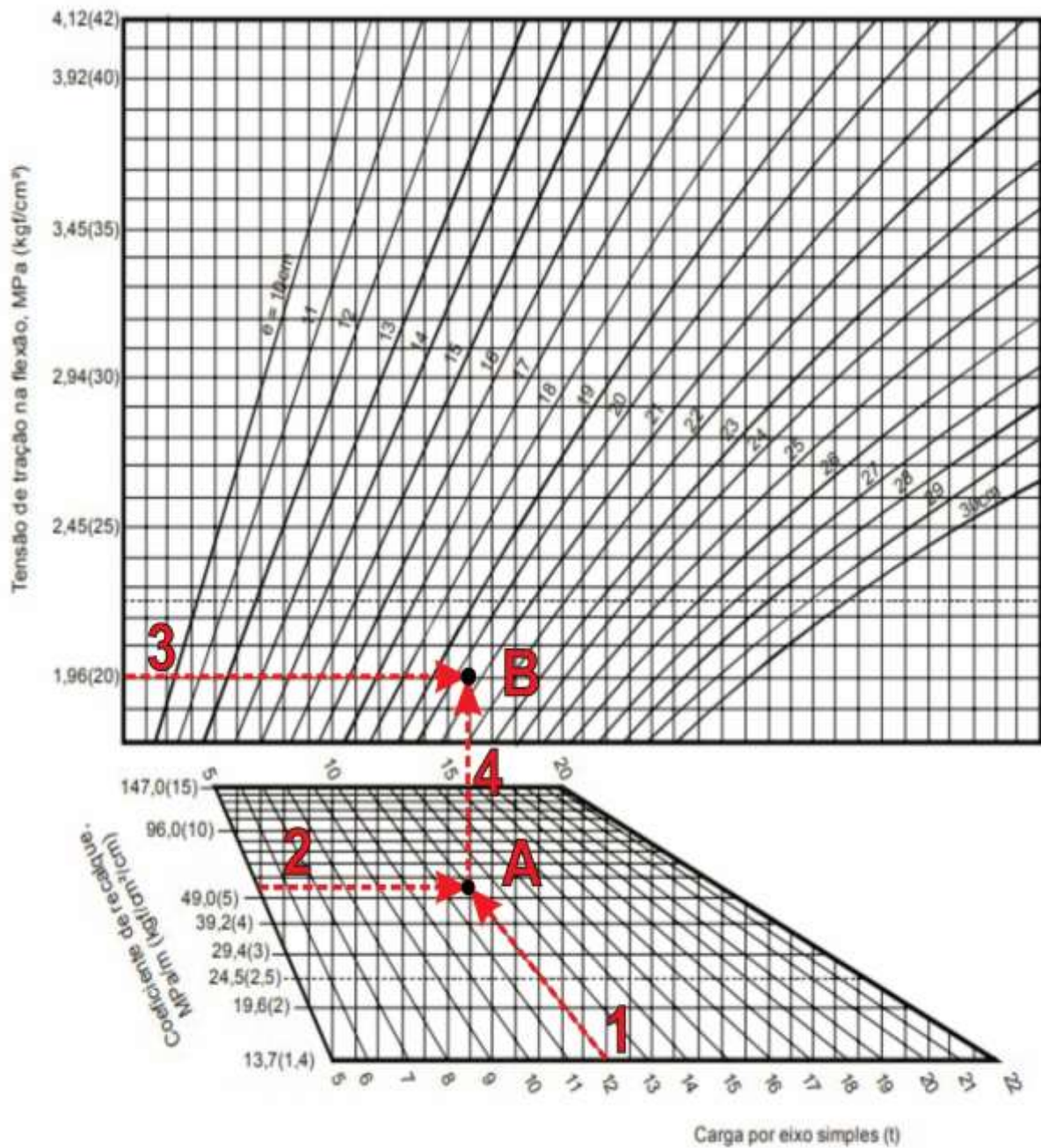
Os cálculos dependem de valores definidos por um ensaio feito do concreto e do traço utilizado, mas a partir do gráfico podemos chegar a um valor mínimo de tabela de 40 Kgf/cm². Adotaremos um Módulo de ruptura mínimo então no valor de 40Kgf/cm². Sendo o MR o último dado necessário para definição de uma tensão mínima (σ), onde a tensão mínima é equivalente a 50% do MR, logo:

$$\sigma = \frac{MR}{2} \quad (10)$$

Partimos então para os ábacos com os valores respectivos obtidos de carga máxima ES = 12 tf; ETD = 18,2 tf; ETT = 28,8 tf; K = 5,5 Kgf/cm²/cm e $\sigma = 20$ Kgf/cm². Serão três ábacos de análise: Ábaco de Eixo Simples, Ábaco de Eixo Tandem Duplo e Ábaco de Eixo Tandem Triplo, ao final da coleta de dados se compara os valores de espessura e se adota o maior entre eles.

A Leitura do Ábaco se faz da seguinte maneira, com o Valor carga máxima se traça uma linha 1 diagonal e perpendicular ao seu eixo que se encontra com outra linha 2 horizontal e perpendicular ao eixo perspectivo ao valor do K (coeficiente de recalque do subleito). O encontro dessas duas linhas se obtém o ponto A, a partir do ponto A traça-se uma linha vertical 4 até o outro Ábaco que se encontra com a linha 3 horizontal que é definida a partir no valor da tensão mínima originando então o ponto B, definindo assim a espessura do pavimento.

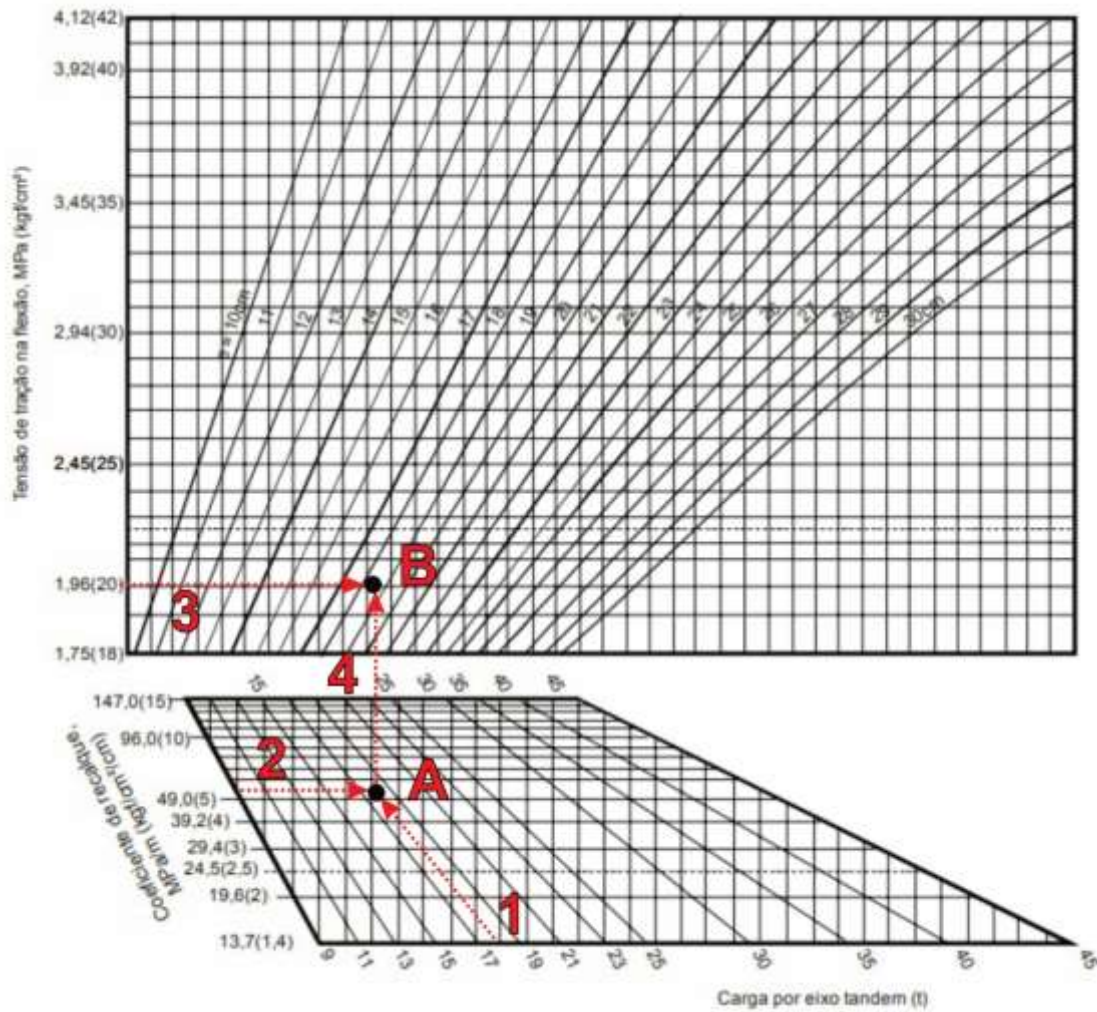
Figura 20 – Ábaco para o dimensionamento da espessura de um pavimento de concreto rodoviário (eixo simples)



Fonte: Manual DNIT (pg. 128)

No Ábaco de dimensionamento de espessuras para eixo simples foi alcançado um valor aproximado de 20,7 onde será arredondado para 21 cm. Fazemos o mesmo processo no Ábaco de dimensionamento de Eixos Tandem Duplo.

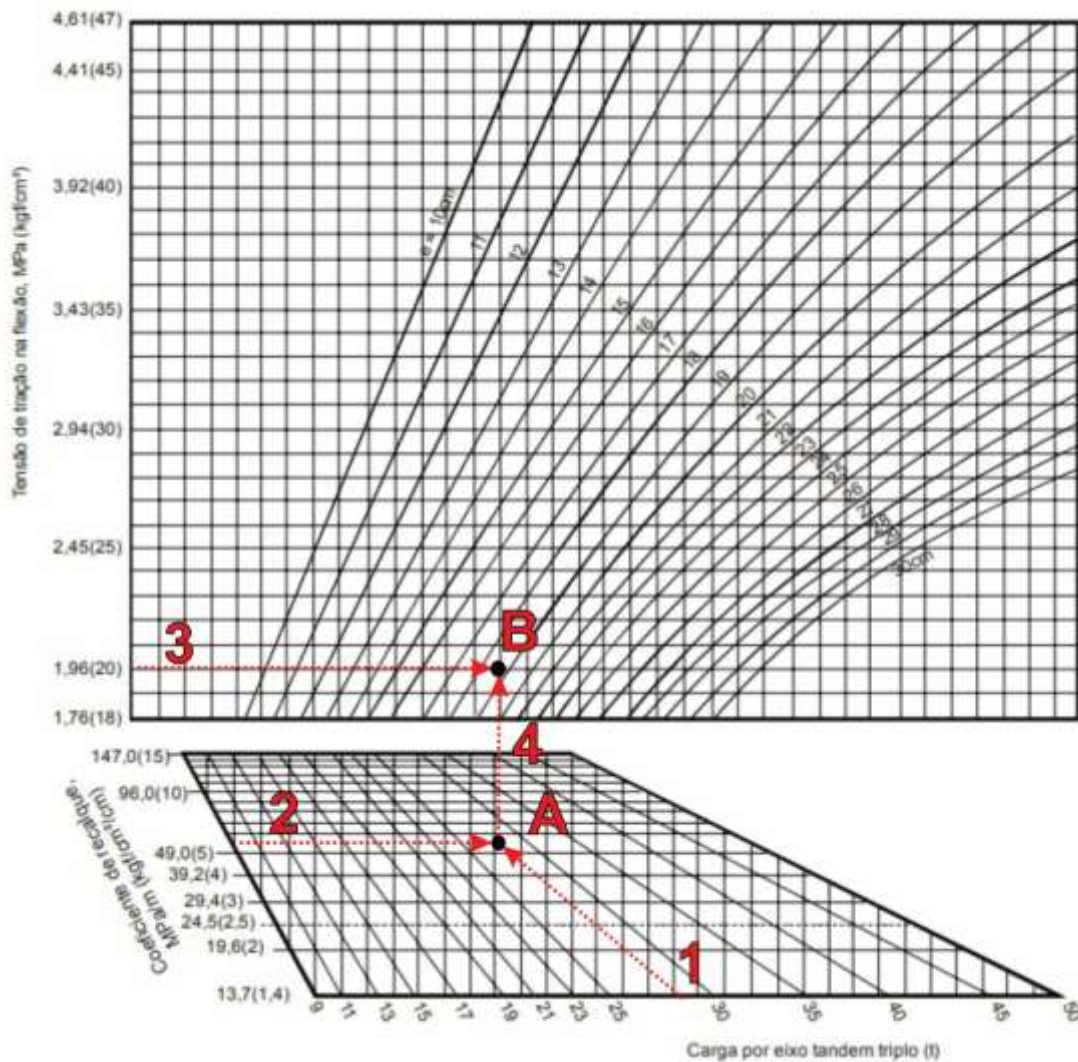
Figura 21 - Ábaco para o dimensionamento da espessura de um pavimento de concreto rodoviário (eixo tandem duplo)



Fonte: Manual do DNIT 2005 (pg. 129)

No Ábaco de dimensionamento de pavimento para Eixo Tandem Duplo se obteve uma espessura de 19 cm, continua com o mesmo processo para o Ábaco de Eixo Tandem Triplo.

Figura 22 - Ábaco para o dimensionamento da espessura de um pavimento de concreto rodoviário (eixo tandem triplo)



Fonte: Manual DNIT 2005 (pg. 130)

O último Ábaco nos mostra então que para eixos tandem triplo a espessura correspondente é igual a 19 cm, lembrando que para o eixo duplo também resultou em 19 cm e para eixo simples resultou em 21 cm de espessura. Logo podemos adotar o dimensionamento do pavimento para 21 cm, que é a espessura que atende a todos os eixos, de acordo com os Ábacos. Sendo assim chegamos a um resultado de dimensionamento da seguinte maneira, subleito com 10 cm de espessura, CBR de 10% $K = 5,5 \text{ Kgf/cm}^2/\text{cm}$; uma sub-base com 10 cm de espessura com um K no topo da camada de $130 \text{ kgf/cm}^2/\text{cm}$ e um pavimento de concreto de 21 cm de espessura e placas de 10 metros.

Sendo assim usaremos as tabelas do DNIT GOIAS 2019 para precificar esse dimensionamento de pavimento rígido. Tabelas encontram em anexo, precificando o valor da

regularização do subleito, Sub-base melhorado com cimento e o pavimento de concreto, os valores de cálculo foram usados a área e o volume, área igual a 627600 m² e um volume de 131.796 m³ para o pavimento rígido e 62.760. Para a sub-base, valores que estão relacionados as suas respectivas espessuras, sub-base 10 cm e pavimento 21 cm, gerando assim a tabela a seguir, com um valor final de R\$ 37.068.566,40, com um valor de quase 32% a mais de custo.

Tabela 5 – Planilha Orçamentária

ITEM	CÓDIGO	DISCRIMINAÇÃO	UN	QUANTIDADE	PREÇOS	
1	4011209	Regularização do Subleito	m ²	627600	0,75	R\$ 470.700,00
2	4011561	Sub-base de concreto Rolado AC/BC	m ³	62760	142,14	R\$ 8.920.706,40
3	1116270	Concret. Cim. c/equipe de peq. porte	m ³	131796	210,00	R\$ 27.677.160,00

Fonte: Autor

A Tabela 6, tabela comparativa do dimensionamento de espessura e custo, ilustra também o quanto o processo construtivo conseguiria otimizar o tempo de construção, talvez diminuindo na metade o processo construtivo de pavimentação.

Tabela 6 – tabela comparativa entre os projetos em relação a espessura e custo

	TSD	CONCRETO
Micro revesti mento	8 mm	21 cm
Tratamento superficial duplo	Pista de Acost.	-
Imprimação	-	-
Base com solo cimento 3%	20 cm	10
Sub-base	20 cm	-
Regularização do subleito	20 cm	10
Camada final de terraplenagem	60 cm	-
CUSTO FINAL	R\$ 28.215.812,95	R\$37.068.566,40

Fonte: AUTOR

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pavimentação é o processo construtivo de várias camadas de solo a fim de resistirem as cargas solicitadas pelos eixos de veículos sendo eles simples ou em tandem, temos a pavimentação com material betuminoso e com cimento, que caracteriza o rígido e o flexível. O pavimento flexível em comparação com o rígido tem uma estrutura mais espessa, é frágil a materiais químicos (óleo, graxas, combustível), a visibilidade é bastante reduzida anoite ou em condições climáticas adversas, necessita de várias manutenções em um período reduzido de tempo, tem melhor aderência das demarcações e tem uma vida útil de no máximo 10 anos.

O Pavimento Rígido já é uma estrutura delgada (menos espessa), resistente a ataques químicos, maior distância de visibilidade horizontal, maior segurança, pequena necessidade manutenção durante sua vida útil, tem falta de aderência de demarcações e uma vida útil de 20 anos.

Para esse estudo verificamos os dados de projetos do pavimento em TDS e o dado que mais fez falta foi o estudo de tráfego, pois o mesmo projeto vinha falando que não tinham feito um estudo de tráfego. Verificando os valores de eixo simples, duplo e triplo, e assim o projetista adotou o valor estipulado por norma de classificação da rodovia sendo um valor 2000 veículos por dia. O estudo de tráfego deve ser feito durante 7 dias num período de 24 horas por dia no trecho mais crítico a ser construído. O projeto nos dá um valor de espessura total de pavimentação de flexível de 1,28 m de espessura total, contando todas as camadas juntas, e um valor de projeto de R\$ 28.215.812,95 total, Preço de insumo de preço de mão de obra.

No dimensionamento do pavimento rígido foi escolhido o método PCA, que ´ método mais simples, de concreto simples com barras de transferências, porém o mesmo é dependente do estudo de tráfego. Os estudos mostram uma maneira empírica de se mensurar a espessura do pavimento pelo módulo de ruptura, cargas máximas e coeficiente de recalque do subleito, adotamos um módulo de ruptura mínimo de tabela, já o módulo de ruptura também é gerado apartir de ensaio do concreto.

Usa-se os valores encontrados e sugeridos nos ábacos de Pickett e Ray e para cada tipo de eixo se obtém um valor de espessura, e adota-se o valor que atende todas as espessuras. Por esse modelo usar dimensionamento mínimo pode haver a possibilidade acontecer um superdimensionamento da estrutura devido não ter mensurado os valores de cargas reais da região.

O fato de haver a probabilidade superdimensionamento nos cálculos, já caracteriza a dispensa do uso do método de pavimentação rígida para a região, quando precificado os valores

das materiais ultrapassaram em 32% o valor total da pavimentação flexível, inviabilizando apesar dos fatores positivos que o cimento tem em relação ao asfalto. Vale ressaltar também que a espessura do pavimento rígido apesar de ter ficado superdimensionado foi de 41 cm de espessura total.

Concluí-se que o melhor projeto e dimensionamento para região é o flexível visto que tanto para o flexível quanto para o rígido os valores de cálculos foram superdimensionados, pela falta do estudo de tráfego da região estudada, e mesmo assim o valor cotado para o flexível ficou bem mais em conta. O orçamento para o flexível foi desenvolvido apartir da tabela de uma empresa particular que executas projetos de pavimentação e o rígido foi gerado apartir dos valores da tabela de preço do DNIT GOIÁS 2019 (EM ANEXO I e em ANEXO J)

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ações e segurança nas estruturas – procedimento: NBR8681**. 2004
- ABCP, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. PR 01: **pavimentos intertravados** – Preparo da Fundação, 2010.
- ABCP, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. PR 02: **pavimentos intertravados** – Prática Recomendada, 2010
- ANTAS, Paulo Mendes et al. **ESTRA: PROJETO GEOMÉTRICO E DE TERRAPLANAGEM**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 261 p.
- ASFALTO, Betuseal Tecnologia em. **A importância da manutenção asfáltica**. Disponível em: <<https://www.betuseal.com.br/importancia-manutencao-asfaltica/>>. Acesso em: 10 fev. 2015.
- BAPTISTA, Cyro Nogueira. **Pavimentação**. 2 ed. Porto Alegre: Editora Globo, 1976, v.III
- BALBO, J. T. **Pavimentos de concreto**. São Paulo: oficina de textos, 2009.
- BAUER, L. A. **Materiais de construção**. São Paulo, 1995.
- BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Gorgetti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro: Gráfica Minister, 2007.
- BRASIL, Governo do. **IBGE mapeia a infraestrutura dos transportes no Brasil**. 2017. Disponível em: <<https://www.brasil.gov.br/noticias/infraestrutura/2014/11/ibge-mapeia-a-infraestrutura-dos-transportes-no-brasil>>. Acesso em: 23 dez. 2017.
- BRASILEIRO, O Portal Transito do Transito. **ACIDENTES - NUMEROS**. 2010. Disponível em: <http://www.transitobr.com.br/index2.php?id_conteudo=9>. Acesso em: 11 jun. 2010.
- CARVALHO, Marcos Dutra de. **Pavimentação com Peças Pré-Moldadas de Concreto**. 4 ed. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1998
- CIMENTOS, Votorantim. **A importância do pavimento de concreto em rodovias**. Disponível em: <<https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/pavimento-de-concreto-em-rodovias/>>. Acesso em: 07 mar. 2018.
- ASFALTO, Betuseal Tecnologia em. **A importância da manutenção asfáltica**. Disponível em: <<https://www.betuseal.com.br/importancia-manutencao-asfaltica/>>. Acesso em: 10 fev. 2015.

CNT, **Transporte rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?** – Brasília- DF, 2017.

DNIT. **Manual de implantação básica de rodovias.** 3 ed – Rio de Janeiro 2010

DNIT. **Manual de pavimentos rígidos.** 20 Edição. Rio de Janeiro, 2005

DNIT. **Manual de pavimentação.** 3 ed – Rio de Janeiro 2006

DNIT. **Histórico do Rodoviarismo:** Breve Histórico do Rodoviarismo Federal no Brasil. Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/historico/>>. Acesso em: 23 mar. 2001.

DNER-ME 082/1994. Solos – **Determinação do limite de Plasticidade.** Departamento Nacional de Estrada e Rodagem, Rio de Janeiro (RJ).

DNER-ME 122/1994. Solos – **Determinação do limite de liquidez** – método de referência e método expedito. Departamento Nacional de Estrada e Rodagem, Rio de Janeiro (RJ).

DNER-ME 162/1994. Solos – **Ensaio de compactação utilizando amostras trabalhadas.** Departamento Nacional de Estrada e Rodagem, Rio de Janeiro (RJ).

FARIA, Eloir de O. **História dos transportes terrestres no mundo.** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <<http://www.transitocomvida.ufrj.br/download/Hist%C3%B3ria%20dos%20transportes%20terrestres.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2013.

FIORITTI, Cesar Fabiano. **Pavimentos Intertravados de Concreto Utilizando Resíduos de Pneu como Material Alternativo.** 2007. 218f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, São Carlos.

GURGEL, Sergio. **Os 20 Anos do Código de Trânsito Brasileiro.** 2017. Disponível em: <<https://canalcienciascriminais.com.br/20-anos-codigo-de-transito/>>. Acesso: 12/09/17.

JÚNIOR, Fernando Augusto. **Manual de Pavimentação Urbana.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1992

LEE, Shu Han. **Projeto geométrico de estrada:** Introdução ao projeto geométrico de estrada. 2000. Disponível em: <<http://pet.ecv.ufsc.br/arquivos/apoio-didatico/ECV5115%20-%20Apostila%20de%20Estradas.pdf>>. Acesso em: 01 jan. 2000.

LIMA, D. A. S. **Pavimentos flexíveis para tráfego leve.** Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2003

LISBOA, Observatório de Segurança de Estradas e Cidades (osec) Organização Não Governamental Com Sede no Tribunal da Relação de. **O PERIGO GRAVE DE HIDROPLANAGEM NAS ESTRADAS PORTUGUESAS FORMULAÇÃO DE CÁLCULO E PROPOSTAS PARA RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS: ESTUDO DE SEGURANÇA RODOVIÁRIA.** Lisboa: Tecnologia e Vida da Anet-norte, 2009

MACIEL, Anderson Brum. Dossiê Técnico – **Pavimentos Intertravados.** Santa Rosa: SENAI Virgílio Lunardi, 2007.

MOLETA, Paulo. **A origem do trânsito e do CTB.** 2015. Disponível em: <<https://paulocwb.jusbrasil.com.br/artigos/206526711/a-origem-do-transito-e-do-ctb>>. Acesso em: 29 out. 2015.

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

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

PORTUGUÊS, Dicio Dicionário Online de. **DICIO:** Dicionário Online de Português. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/aquaplanagem/>>. Acesso em: 04 set. 2018.

PIMENTA, Carlos R. T.; OLIVEIRA, Márcio P.. **PROJETO GEOMÉTRICO DE RODOVIAS.** 2. ed. São Carlos: Rima, 2004. 197 p.

PITTA, M. R. **Construção de pavimentos de concreto simples.** São Paulo, ABCP, 1989.

PITTA, M. R. Whitetopping – **A evolução de um conceito.** Congresso Brasileiro de Cimento, São Paulo, 1996.

SÃO PAULO. **Manual Básico de Estradas e Rodovias Vicinais.** Volume I. Planejamento, projeto, construção, operação. Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo. DER- São Paulo: 2012

SOUZA, Vladimir Caramori Borges de. **GESTÃO DA DRENAGEM URBANA NO BRASIL: DESAFIOS PARA A SUSTENTABILIDADE.** 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/294738602_GESTAO_DA_DRENAGEM_URBANA_NO_BRASIL_DESAFIOS_PARA_A_SUSTENTABILIDADE><http://www.ebanataw.com.br/trafegando/classes.htm>>. Acesso em: 23 mar. 2013

SOUZA, M. L. de. **Método de projeto de pavimentos flexíveis,** Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 1981

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 1 ed. São Paulo: Editora Pini, 2001, v. II.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual técnico de pavimentação: volume 1**. 2ª ed. São Paulo: Pini, 2007

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

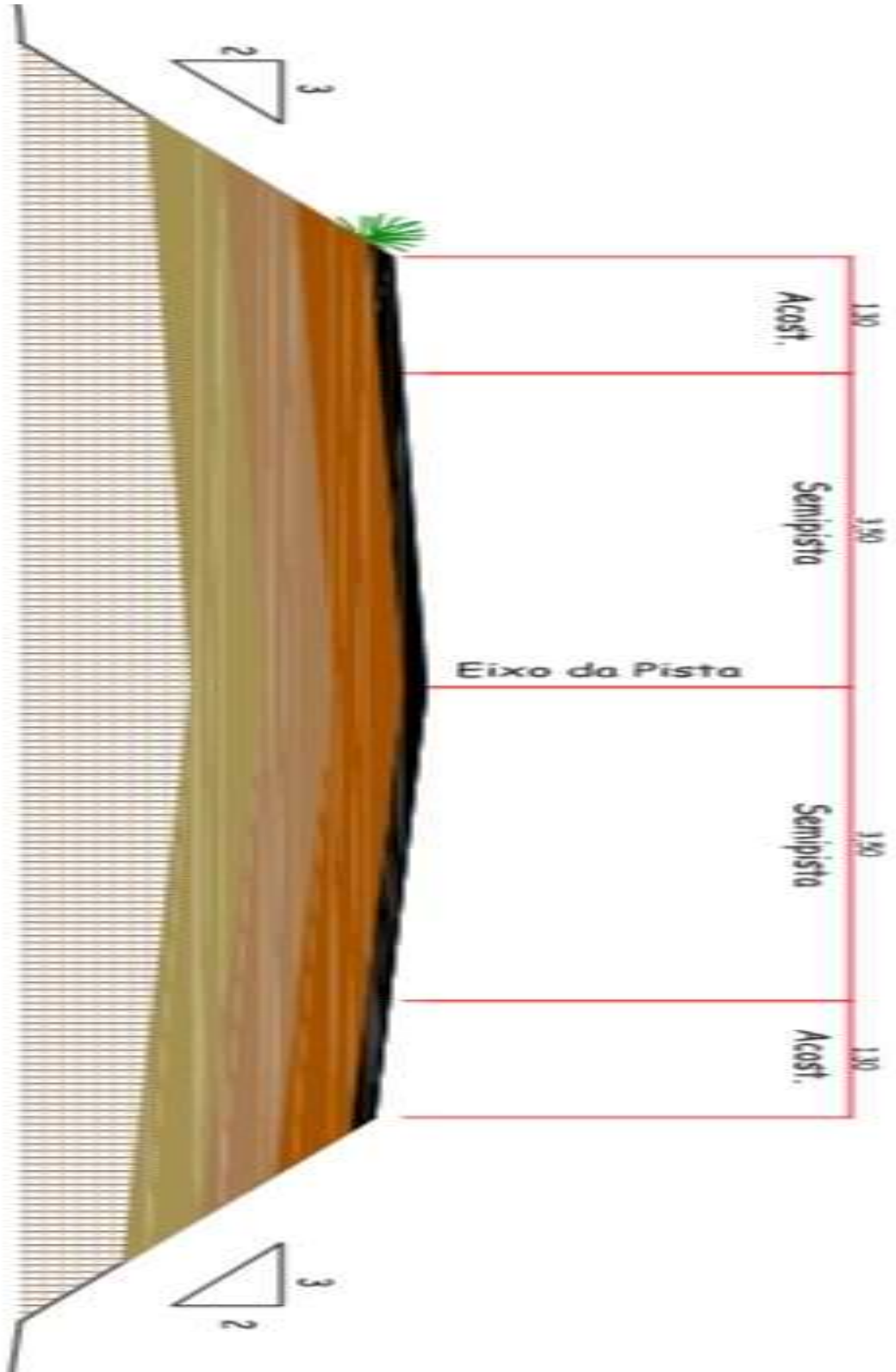
SOARES, André Filipe dos Santos. **ANÁLISE DA OCORRÊNCIA DE HIDROPLANAGEM NUM CASO REAL**. 2011. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Ciência e Tecnologia, Lisboa, 2011.

RATTON, Prof. Eduardo; RECK, Prof. Garrone; BLASI, Profa. Gilza Fernandes. **SISTEMAS DE TRANSPORTES TT046**. 2015. Disponível em: <http://www.dtt.ufpr.br/Sistemas/Arquivos/TT046_Aula%2005_v2.pdf>. Acesso em: 01 jan. 2015.

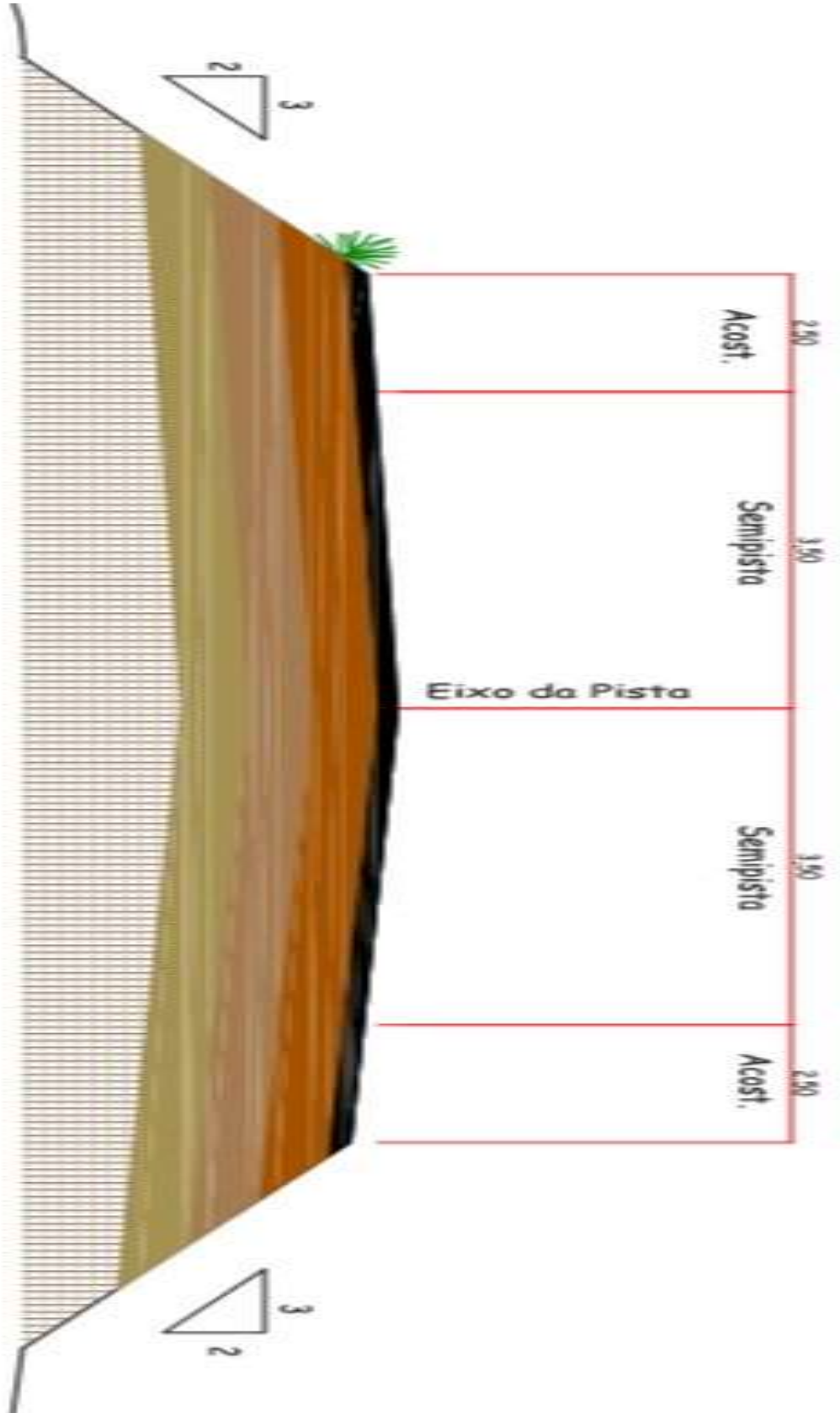
RODOVIAS...São Paulo: **Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada** – Universidade de São Paulo, 1999. Disponível em: <<http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo4A/rodovias.htm>>. Acesso em: 28 fev. 2013.

VIEIRA, Jair Lot (Ed.). **Código de trânsito brasileiro**. 10. ed. São Paulo: Revista e Atualizada, 2016. 324 p.

ANEXO A – CORTE DA SEÇÃO TRANSVERSAL DO PROJETO

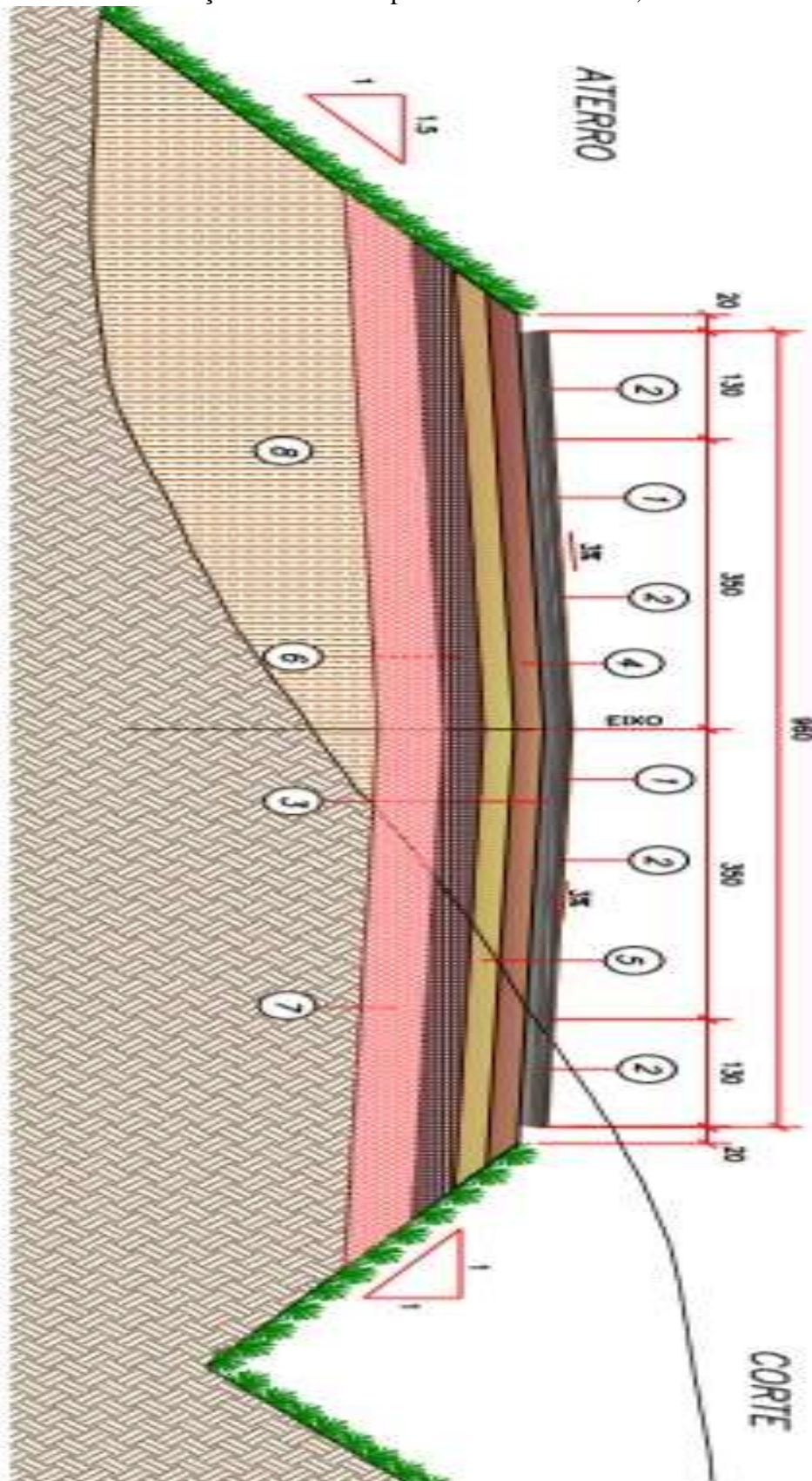


ANEXO B – CORTE DA SEÇÃO TRANSVERSAL DO PROJETO



Fonte: Projeto Cocalinho – pg. 550

ANEXO C – Seção transversal tipo de trecho Est 00+0,00 á Est 2760

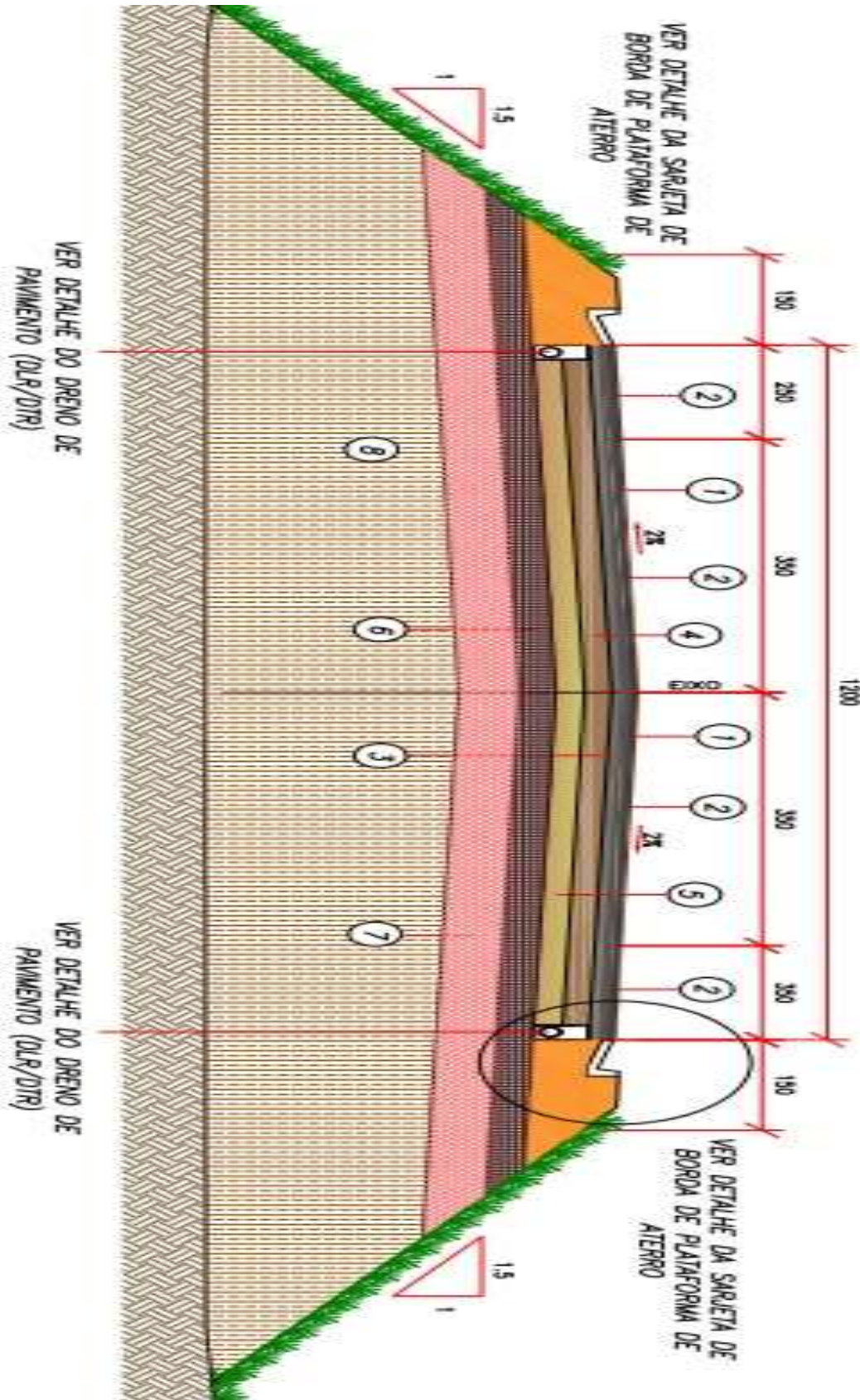


Fonte: Projeto Cocalinho pag. 552
 Anexo D – LEGENDA DO ANEXO C

CAMADA	MATERIAL	ESPESSURA	ESPECIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO
1 - Microrevestimento	RL-1C com Polímero	8 mm	DNIT -035/2005-ES	Microrevestimento
2 - TSO	RR-2C	Placas e Acoelamentos	AGETOP-ES-P 10/01	Tratamento Superficial Duplo
3 - Imprimação	CM-30	-	AGETOP-ES-P 07/01	Imprimação
4 - Base	Cascalho ISC ≥ 80%	20 cm	AGETOP-ES-P 05/01	Solo Melhorado com 3% de cimento
5 - Sub-base	Cascalho ISC ≥ 20%	20 cm	AGETOP-ES-P 03/01	Sub-base Estabilizada Granulometricamente sem mistura
6 - Regularização de Subleito	Solo ISC ≥ 8%	Variável	AGETOP-ES-P 01/01	Regularização de Subleito
7 - Camada Final de Terraplenagem	Solo ISC ≥ 8%	Variável	AGETOP-ES-T 05/01	Aterros
8 - Corpo de Aterro	Solo Local	Variável	AGETOP-ES-T 05/01	Aterros

Fonte: Projeto Cocalinho pag. 552

ANEXO E - Seção Transversal tipo do trecho – Est 2760 á Est 3153+ 16,60



Fonte: Projeto Cocalinho pag. 553

ANEXO F – Legenda do Anexo E

CANADA	MATERIAL	ESPESURA	ESPECIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO
1 – Microrrevestimento	RL-1C com Polímero	8 mm	DNIT -039/2005-ES	Microrrevestimento
2 – TSD	RR-2C	Placas e Acostamentos	AGETOP-ES-P 10/01	Tratamento Superficial Duplo
3 – Imprimação	CM-30	-	AGETOP-ES-P 07/01	Imprimação
4 – Base	Cascalho ISC ≥ 80%	20 cm	DER-SP-ET-DE-P00/P008	Brita Graduado Simples (BGS) Folxo B
5 – Sub-base	Cascalho ISC ≥ 20%	20 cm	AGETOP-ES-P 03/01	Sub-base Estabilizada Granulometricamente sem mistura
6 – Regularização de Subleito	Solo ISC ≥ 8%	Varíavel	AGETOP-ES-P 01/01	Regularização de Subleito
7 – Camada Final de Terraplenagem	Solo ISC ≥ 8%	Varíavel	AGETOP-ES-T 05/01	Aterros
8 – Corpo de Aterro	Solo Local	Varíavel	AGETOP-ES-T 05/01	Aterros

Fonte: Projeto Cocalinho pag. 553

ANEXO G – Tabela de preço DNIT

CGCIT

SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO

Goiás - Abril/2019

Código	Descrição do Serviço	Unidade	Custo Unitário (R\$)
4011484	Reciclagem com adição de brita comercial e incorporação do revestimento asfáltico à base	m³	51,32
4011483	Reciclagem com adição de brita produzida e incorporação do revestimento asfáltico à base	m³	109,26
4011482	Reciclagem com adição de cimento e incorporação do revestimento asfáltico à base	m³	69,19
4011488	Reciclagem com espuma asfáltica e incorporação do revestimento asfáltico à base com adição de cimento	m³	74,33
4011487	Reciclagem com espuma asfáltica e incorporação do revestimento asfáltico à base com adição de pó de pedra comercial e cimento	m³	59,72
4011486	Reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base com adição de brita comercial e cimento	m³	86,29
4011485	Reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base com adição de brita produzida e cimento	m³	79,09
4011489	Reciclagem em usina com espuma de asfalto de concreto asfáltico com adição de agregado comercial e cimento	m³	134,34
4011481	Reciclagem simples com incorporação do revestimento asfáltico à base	m³	63,32
4011347	Reestabilização de camada de base com adição de 3% de cimento	m³	51,75
4011342	Reestabilização de camada de base com adição de 30% de brita comercial	m³	56,33
4011344	Reestabilização de camada de base com adição de 30% de brita produzida	m³	42,71
4011348	Reestabilização de camada de base com adição de 4% de cimento	m³	59,61
4011343	Reestabilização de camada de base com adição de 40% de brita comercial	m³	65,77
4011345	Reestabilização de camada de base com adição de 40% de brita produzida	m³	47,63
4011349	Reestabilização de camada de base com adição de 5% de cimento	m³	67,48
4011350	Reestabilização de camada de base com adição de 6% de cimento	m³	75,33
4011346	Reestabilização de camada de base sem adição de material	m³	0,81
4011211	Reforço do subleito com material de jazida	m³	7,63
4011209	Regularização do subleito	m³	0,75
4011210	Regularização do subleito com fresagem corte e controle automático de greide	m³	0,80
4011537	Serragem de juntas em pavimento de concreto, limpeza e enchimento com selante a frio	m	10,02
4011218	Sub-base de concreto adensado por vibração - areia e brita comerciais	m³	222,67
4011217	Sub-base de concreto adensado por vibração - areia extraída e brita produzida	m³	159,66
4011216	Sub-base de concreto com equipamento de pequeno porte - areia e brita comerciais	m³	233,79
4011215	Sub-base de concreto com equipamento de pequeno porte - areia extraída e brita produzida	m³	174,32
4011214	Sub-base de concreto compactado com rolo com brita comercial	m³	146,37
4011213	Sub-base de concreto compactado com rolo com brita produzida	m³	108,97
4011227	Sub-base de solo estabilizado granulometricamente sem mistura com material de jazida	m³	7,37
4011302	Sub-base de solo melhorado com 4% de cimento e mistura em usina com material de jazida	m³	44,04
4011300	Sub-base de solo melhorado com 4% de cimento e mistura na pista com material de jazida	m³	39,86
4011303	Sub-base de solo-cimento com 7% de cimento e mistura em usina com material de jazida	m³	66,11
4011301	Sub-base de solo-cimento com 7% de cimento e mistura na pista com material de jazida	m³	64,31
4011228	Sub-base estabilizada granulometricamente com mistura de solos na pista com material de jazida	m³	8,14
4011229	Sub-base estabilizada granulometricamente com mistura solo areia (70% - 30%) em usina com material de jazida e areia extraída	m³	20,52

ANEXO H – TABELA DE PREÇO DNIT

3816197	Plataforma de trabalho em madeira apoiada no solo - altura de até 6 m - utilização de 5 vezes - confecção, instalação e retirada	m³	47,53
3806410	Plataforma de trabalho suspensa sob tabuleiro de pontes com treliças metálicas e tábuas - utilização de 100 vezes - confecção, instalação e retirada	m²	188,71
3806411	Plataforma mecanizada de inspeção sob pontes com capacidade de 600 kg e comprimento da plataforma sob a ponte de 14 m	h	368,02
3806414	Remoção de concreto com jateamento d'água sob muito alta pressão	m³	191,90
3806409	Substituição de junta de dilatação - fornecimento e instalação	m	1.233,31
4011444	Areia asfalto a quente - faixa A - areia comercial	t	111,97
4011443	Areia asfalto a quente - faixa A - areia extraída	t	86,65
4011446	Areia asfalto a quente - faixa B - areia comercial	t	101,59
4011445	Areia asfalto a quente - faixa B - areia extraída	t	75,46
4011448	Areia asfalto a quente com asfalto polímero - faixa A - areia comercial	t	102,92
4011447	Areia asfalto a quente com asfalto polímero - faixa A - areia extraída	t	76,05
4011450	Areia asfalto a quente com asfalto polímero - faixa B - areia comercial	t	110,04
4011449	Areia asfalto a quente com asfalto polímero - faixa B - areia extraída	t	83,73
4011452	Areia asfalto a quente com asfalto polímero - faixa C - areia comercial	t	113,04
4011451	Areia asfalto a quente com asfalto polímero - faixa C - areia extraída	t	87,25
4011219	Base de solo estabilizado granulometricamente sem mistura com material de jazida	m³	7,72
4011291	Base de solo melhorado com 4% de cimento e mistura em usina com material de jazida	m³	44,21
4011287	Base de solo melhorado com 4% de cimento e mistura na pista com material de jazida	m³	40,05
4011313	Base de solo-cimento com 7% de cimento e mistura em usina com material de jazida	m³	65,56
4011297	Base de solo-cimento com 7% de cimento e mistura na pista com material de jazida	m³	63,54
4011226	Base estabilizada granulometricamente com mistura solo areia (70% - 30%) em usina com material de jazida e areia extraída	m³	20,71
4011240	Base estabilizada granulometricamente com mistura solo brita (70% - 30%) com 3% de cimento em usina com material de jazida e brita comercial	m³	65,73
4011239	Base estabilizada granulometricamente com mistura solo brita (70% - 30%) com 3% de cimento em usina com material de jazida e brita produzida	m³	52,50
4011268	Base estabilizada granulometricamente com mistura solo brita (70% - 30%) em usina com material de jazida e brita comercial	m³	42,90
4011267	Base estabilizada granulometricamente com mistura solo brita (70% - 30%) em usina com material de jazida e brita produzida	m³	29,25
4011256	Base estabilizada granulometricamente com mistura solo brita (70% - 30%) na pista com material de jazida e brita comercial	m³	35,45
4011255	Base estabilizada granulometricamente com mistura solo brita (70% - 30%) na pista com material de jazida e brita produzida	m³	21,81
4011221	Base estabilizada granulometricamente com mistura solos na pista com material de jazida	m³	8,21
4011276	Base ou sub-base de brita graduada com brita comercial	m³	115,72
4011275	Base ou sub-base de brita graduada com brita produzida	m³	65,70
4011549	Base ou sub-base de brita graduada executada com vibrocabadora - brita comercial	m³	115,97
4011548	Base ou sub-base de brita graduada executada com vibrocabadora - brita produzida	m³	65,95
4011278	Base ou sub-base de brita graduada tratada com cimento com brita comercial	m³	142,14
4011277	Base ou sub-base de brita graduada tratada com cimento com brita produzida	m³	94,12
4011561	Base ou sub-base de brita graduada tratada com cimento executada com vibrocabadora - brita comercial	m³	142,39
4011560	Base ou sub-base de brita graduada tratada com cimento executada com vibrocabadora - brita produzida	m³	94,37
4011282	Base ou sub-base de macadame hidráulico com brita comercial	m³	90,53
4011281	Base ou sub-base de macadame hidráulico com brita produzida	m³	54,58
4011279	Base ou sub-base de macadame seco com brita comercial	m³	88,35
4011280	Base ou sub-base de macadame seco com brita produzida	m³	52,74
4011327	Base ou sub-base estabilizada granulometricamente com mistura solo escória de aciaria (50%-50%) em usina com material de jazida	m³	25,58

Fonte: DNIT

ANEXO I – TABELA DE PREÇO DO DNIT

Goiás - Abril/2019

Código	Descrição do Serviço	Unidade	Custo Unitário (R\$)
1106139	Concreto fck = 30 MPa - confecção em central dosadora de 40 m³/h - areia e brita comerciais	m³	229,84
1106140	Concreto fck = 30 MPa - confecção em central dosadora de 40 m³/h - areia extraída e brita produzida	m³	171,84
1108064	Concreto fck = 30 MPa com latex SBR - confecção em betoneira e lançamento manual - areia e brita comerciais	m³	525,31
1107904	Concreto fck = 35 MPa - confecção em betoneira e lançamento manual - areia e brita comerciais	m³	330,80
1107903	Concreto fck = 35 MPa - confecção em betoneira e lançamento manual - areia extraída e brita produzida	m³	275,07
1107908	Concreto fck = 40 MPa - confecção em betoneira e lançamento manual - areia e brita comerciais	m³	348,82
1107907	Concreto fck = 40 MPa - confecção em betoneira e lançamento manual - areia extraída e brita produzida	m³	294,82
1107871	Concreto fctm,k = 4,5 MPa - confecção em central dosadora de 30 m³/h - areia e brita comerciais	m³	268,20
1107870	Concreto fctm,k = 4,5 MPa - confecção em central dosadora de 30 m³/h - areia extraída e brita produzida	m³	211,22
1106057	Concreto magro - confecção em betoneira e lançamento manual - areia e brita comerciais	m³	247,44
1106058	Concreto magro - confecção em betoneira e lançamento manual - areia extraída e brita produzida	m³	181,96
1106380	Concreto para bombeamento fck = 25 MPa - confecção em central dosadora de 30 m³/h - areia e brita comerciais	m³	237,51
1106378	Concreto para bombeamento fck = 25 MPa - confecção em central dosadora de 30 m³/h - areia extraída e brita produzida	m³	178,35
1116263	Concreto para bombeamento fck = 25 MPa - confecção em central dosadora de 40 m³/h - areia e brita comerciais	m³	222,88
1116267	Concreto para bombeamento fck = 25 MPa - confecção em central dosadora de 40 m³/h - areia extraída e brita produzida	m³	163,72
1106280	Concreto para bombeamento fck = 30 MPa - confecção em central dosadora de 30 m³/h - areia e brita comerciais	m³	251,66
1106289	Concreto para bombeamento fck = 30 MPa - confecção em central dosadora de 30 m³/h - areia extraída e brita produzida	m³	193,85
1116264	Concreto para bombeamento fck = 30 MPa - confecção em central dosadora de 40 m³/h - areia e brita comerciais	m³	235,69
1116268	Concreto para bombeamento fck = 30 MPa - confecção em central dosadora de 40 m³/h - areia extraída e brita produzida	m³	177,88
1106281	Concreto para bombeamento fck = 35 MPa - confecção em central dosadora de 30 m³/h - areia e brita comerciais	m³	268,20
1106382	Concreto para bombeamento fck = 35 MPa - confecção em central dosadora de 30 m³/h - areia extraída e brita produzida	m³	211,89
1116285	Concreto para bombeamento fck = 35 MPa - confecção em central dosadora de 40 m³/h - areia e brita comerciais	m³	250,00
1116289	Concreto para bombeamento fck = 35 MPa - confecção em central dosadora de 40 m³/h - areia extraída e brita produzida	m³	193,68
1106282	Concreto para bombeamento fck = 40 MPa - confecção em central dosadora de 30 m³/h - areia e brita comerciais	m³	285,90
1106384	Concreto para bombeamento fck = 40 MPa - confecção em central dosadora de 30 m³/h - areia extraída e brita produzida	m³	231,26
1116286	Concreto para bombeamento fck = 40 MPa - confecção em central dosadora de 40 m³/h - areia e brita comerciais	m³	265,97
1116270	Concreto para bombeamento fck = 40 MPa - confecção em central dosadora de 40 m³/h - areia extraída e brita produzida	m³	211,34
1106284	Concreto submerso fck = 20 MPa - confecção em central dosadora de 30 m³/h - areia e brita comerciais	m³	260,08
1108116	Concreto submerso fck = 25 MPa - confecção em central dosadora de 30 m³/h - areia e brita comerciais	m³	263,82
1108118	Concreto submerso fck = 30 MPa - confecção em central dosadora de 30 m³/h - areia e brita comerciais	m³	265,05
1106158	Concreto submerso fck = 35 MPa - confecção em central dosadora de 30 m³/h - areia e brita comerciais	m³	266,15

3.0 PAVIMENTAÇÃO EM TSD						
3.1	SUB-LEITO E BASE					
3.1.1	REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DO SUB-LEITO		m ²	777.199,35	R\$ 2,18	R\$ 1.697.403,37
3.1.2	LIMPEZA SUPERFICIAL DA CAMADA VEGETAL EM JAZIDA		m ²	186.527,84	R\$ 0,48	R\$ 89.533,36
3.1.3	ESCAVAÇÃO E CARGA DE MATERIAL DE JAZIDA COM INDENIZAÇÃO		m ³	186.527,84	R\$ 12,62	R\$ 2.354.727,49
3.1.4	ACABAMENTO E RECOMPOSIÇÃO DE JAZIDAS		m ²	186.527,84	R\$ 0,42	R\$ 78.341,69
3.1.5	TRANSPORTE DE MATERIAL DE JAZIDA - CASCALHO	25,00	m ³ x km	5.828.995,10	R\$ 1,70	R\$ 9.932.607,65
3.1.7	ESTABILIZAÇÃO GRANULOMETRICA DE SOLOS S/ MISTURA (BASE = 20 CM) - CASCALHO		m ³	155.439,87	R\$ 16,88	R\$ 2.624.446,75
3.2	IMPRIMAÇÃO					
3.2.1	IMPRIMAÇÃO		m ²	663.462,86	R\$ 0,35	R\$ 230.885,07
3.2.2	FORNECIMENTO DE LIGANTE ASFÁLTICO PARA IMPRIMAÇÃO		t	796,16	R\$ 2.472,00	R\$ 1.968.096,22
3.2.3	TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BETUMINOSO	3,00	t x km	2.388,47	R\$ 1,99	R\$ 4.757,82
3.3	TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPLO (TSD)					
3.3.1	TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPLO - BRITA (BC)		m ²	627.600,00	R\$ 4,76	R\$ 2.989.886,40
3.3.2	CAPA SELANTE COM PÓ DE BRITA (BC)		m ²	627.600,00	R\$ 1,60	R\$ 1.001.649,60
3.3.3	FORNECIMENTO DE RR-2C		t	1.882,80	R\$ 2.016,00	R\$ 3.795.724,80
3.3.4	TRANSPORTE LOCAL DE MATERIAL BETUMINOSO - PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA	3,00	t x km	5.648,40	R\$ 1,99	R\$ 11.251,61
3.3.5	TRANSPORTE COMERCIAL DE AGREGADOS	85,00	t x km	1.760.418,00	R\$ 0,82	R\$ 1.436.501,09
TOTAL DO ITEM 3.0						R\$ 28.215.812,95
Itens Destacados						R\$ 9.620.802,45