



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS - CAMPUS PALMAS**

CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL

FERNANDA CARVALHO SANTOS

**ANÁLISE COMPARATIVA DO CUSTO PARA IMPLANTAÇÃO DE RODOVIA
PAVIMENTADA EM CBUQ E CCP: ESTUDO DE CASO DA AVENIDA NS-15 EM
PALMAS - TO**

PALMAS - TO

2019

FERNANDA CARVALHO SANTOS

**ANÁLISE COMPARATIVA DO CUSTO PARA IMPLANTAÇÃO DE RODOVIA
PAVIMENTADA EM CBUQ E CCP: ESTUDO DE CASO DA AVENIDA NS-15 EM
PALMAS - TO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do Título
de Bacharel do Curso Superior de Engenharia
Civil do Instituto Federal do Tocantins,
Campus Palmas.

Orientador: Prof. Me. Clerson Dalvani Reis

Coorientador: Prof. Me. Edivaldo Alves dos
Santos

PALMAS - TO

2019

Santos, F. C.

Análise comparativa do custo para implantação de rodovia pavimentada em CBUQ e CCP: Estudo de caso da Avenida NS-15 em Palmas – TO. / Fernanda Carvalho Santos. – Palmas, 2019. 87 f.

Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - Campus Palmas, 2019.

Orientador: Prof. Me. Clerson Dalvani Reis

1. Pavimento Rígido. 2. Pavimento Flexível. 3. Estudo Comparativo Econômico. 4. Custo-benefício. I. Análise comparativa do custo para implantação de rodovia pavimentada em CBUQ e CCP: Estudo de caso da Avenida NS-15 em Palmas – TO.

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANÁLISE COMPARATIVA DO CUSTO PARA IMPLANTAÇÃO DE RODOVIA PAVIMENTADA EM CBUQ E CCP: ESTUDO DE CASO DA AVENIDA NS-15 EM PALMAS - TO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Civil do
Instituto Federal do Tocantins - Campus
Palmas, como exigência à obtenção do grau em
Engenheiro Civil.

Aprovado em 04 de Julho de 2019.

BANCA AVALIADORA



Prof. Me. Clerson Dalvani Reis (Orientador)

IFTO – Campus Palmas



Prof. Me. Edivaldo Alves dos Santos (Coorientador)

IFTO – Campus Palmas



Prof. Me. Danilo Gomes Martins

IFTO – Campus Palmas



Prof. Me. Octaviano Sidnei Furtado

IFTO – Campus Palmas

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela oportunidade imensa que me deu de crescer pessoalmente, intelectualmente e emocionalmente através deste curso que me fez evoluir muito durante esses cinco anos de altos e baixos. E pela força e conforto que me deu para superar todas as dificuldades que cruzaram meu caminho nesta jornada.

Aos meus pais, Josefa e Domingos, os maiores apoiadores, incentivadores, exemplos e inspiração que tenho na vida. Não tenho palavras para agradecer todo o esforço e sacrifício que vocês sempre fizeram por mim, por toda confiança, apoio, incentivo, acolhimento e amor que me deram para concluir minha formação e durante toda a minha existência. Sem vocês, eu nada seria.

Aos meus familiares e amigos, que estando perto ou longe, sempre me confortaram, acreditaram e torceram por mim.

A minha grande amiga Syntia Bispo, que foi uma irmã que o curso me deu. Obrigada pelas horas de estudos que compartilhamos juntas, por aguentar os meus dramas e sempre me confortar, por sempre cuidar de mim fisicamente e emocionalmente, por me acolher em sua casa, pelos conselhos, pelos gestos de carinho, pelo apoio e torcida que temos uma pela outra.

Ao meu grande amigo Damito Lopes, por sempre ter me ajudado quando precisei, por salvar meu TCC nas vezes em que meu computador pifou, por cuidar de mim, por ter me acolhido, por sempre me incentivar e ter acreditado em mim mais do que eu mesma e sempre estar presente nos momentos em que eu desabei.

Ao meu grande amigo James Sousa, pelo apoio e ajuda que me deu todos esses anos de curso, por acabar se tornando um dos meus professores desta graduação de tanto tirar minhas dúvidas, por sempre me amparar nos momentos difíceis, pelos litrões compartilhados e pela consideração e parceria que temos um pelo outro.

A minha amiga Ariadne Guedes, por me emprestar seu teclado, com o qual digito este agradecimento, o que me ajudou muito neste trabalho. Além de sua amizade, por estar presente em momentos bons e ruins, e comemorar a conclusão deste trabalho mais do que eu mesma.

Ao meu amigo Luiz Eduardo Brito, pela tradução instantânea do resumo deste trabalho, além de sua amizade e companheirismo.

A todos os amigos que o curso me deu, obrigada pelo companheirismo nos estudos e pela amizade que criamos fora da faculdade.

A todos os meus professores, que compartilharam conhecimento, experiências e me orientaram e incentivaram durante minha graduação.

Ao meu professor-orientador Me. Clerson Dalvani Reis, por sua dedicação, paciência e profissionalismo ao me orientar neste trabalho, pelo conhecimento e experiências que compartilhou comigo, por ter aceito participar da visita técnica que organizei no meu primeiro período, por acreditar que eu seria capaz e por sempre me incentivar e motivar.

Ao meu professor-coorientador Me. Edivaldo Alves dos Santos, por todo suporte em sua orientação e ensinamentos passados em sala de aula que fizeram com que eu me apaixonasse por pavimentação e facilitaram a execução deste trabalho.

Ao professor Dr. Thiago Dias de Araújo e Silva, por me dar acesso aos projetos da NS-15 através do Tribunal de Contas do Estado, por sua confiança em meu trabalho como colaboradora e incentivo profissional.

Ao professor Me. Flávio da Silva Ornelas, pelo incentivo, apoio e ajuda para conseguir e concluir meu estágio, e por sempre acreditar no meu potencial ao longo do curso.

Aos meus colegas de curso, que contribuíram direta ou indiretamente na minha formação, pelas horas de estudos em grupo, por sanarem diversas vezes minhas dúvidas sobre o conteúdo das matérias e pela paciência nos trabalhos em grupo.

RESUMO

SANTOS, F. C. **Análise Comparativa do Custo para Implantação de Rodovia Pavimentada em CBUQ e CCP: Estudo de Caso da Avenida NS-15 em Palmas - TO.** 2019. 87p. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Civil – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins. Palmas, 2019.

Este trabalho aborda a comparação entre os custos de implantação e benefícios de um pavimento rígido e um pavimento flexível, através do dimensionamento de pavimento em Concreto de Cimento Portland (CCP) para a avenida NS-15 em Palmas – TO, que foi executada em Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ). Foi realizado um levantamento bibliográfico sobre as fases de planejamento e execução de obras rodoviárias e tipos de pavimentos, além de um comparativo sobre a estrutura, os materiais, as patologias e benefícios entre os tipos pavimentos orçados neste trabalho. Tendo como base os projetos e orçamento da via em CBUQ, dimensionou-se o pavimento de concreto simples com barras de transferência, e foi realizado o orçamento do mesmo, apenas trocando o tipo de revestimento, mantendo-se toda infraestrutura necessária, inclusive obras de arte corrente e obras de arte especiais. Ao comparar os orçamentos, observou-se que orçamento do pavimento rígido teve um aumento de 10,96% no custo total da obra comparado ao flexível, onde o pavimento em CBUQ custou R\$243,03 por m², enquanto o pavimento em CCP custou R\$269,67 por m². Porém, somente o custo de implantação não é suficiente para determinação do melhor custo-benefício para o empreendimento, deve-se observar também os custos de manutenção, que no caso do pavimento flexível podem até suprimir a vantagem financeira do custo de implantação inferior, se forem muito elevados. Logo o pavimento rígido pode ter uma viabilidade econômica mais atrativa.

Palavras-chave: Pavimento Rígido. Pavimento Flexível. Estudo Comparativo Econômico. Custo-benefício.

ABSTRACT

SANTOS, F. C. **Comparative Cost Analysis for Paved Highway Implantation in BCMH and PCC: Case Study of NS-15 Avenue in Palmas - TO.** 2019. 87p. Course Completion Work - Bachelor of Civil Engineering - Federal Institute of Education, Science and Technology of Tocantins. Palmas, 2019.

This work addresses a comparison between the implantation costs and the benefit of a flexible pavement, through the sizing of Portland Cement Concrete (PCC) pavement for an NS-15 avenue in Palmas - TO, which was planted in Bituminous Concrete Machined at Hot (BCMh). A bibliographic survey on the planning and execution phases of road works and types of pavements was presented, as well as a comparative study on the structure, materials, as pathologies and benefits among the types of pavements budgeted in this study. To be based on the projects and budget by the BCMh, it was dimensioned the pavement of concrete simple with transfer rates, and was realized the budget of the same, only changing the type of coating, maintaining all the necessary structure, including art chain and special works of art. When paying budgets, it was observed that the budget of the floor had a 10.96% increase in the total cost of the work, in contrast to the floor of the BCMh cost R\$ 243.03 per m², while the floor in PCC cost R\$ 269.67 per m². Though, only the settlement cost is not enough to pinpoint the best cost-benefit. Therefore the pavement may have a more attractive temporary viability.

Keywords: Rigid Pavement. Flexible Flooring. Comparative Economic Study. Cost benefit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Subdivisão Geotécnica.....	21
Figura 2 - Escavação com escavadeira.....	23
Figura 3 - Drenagem Superficial de Rodovia - Valeta.....	24
Figura 4 - Drenagem Subterrânea de Rodovia - Dreno Transversal	24
Figura 5 - Estrutura do Pavimento Flexível (corte transversal).....	25
Figura 6 - Classificação dos Pavimentos Flexíveis	27
Figura 7 - Execução de Pavimento em CBUQ.....	29
Figura 8 - Estrutura do Pavimento Rígido (corte longitudinal).....	31
Figura 9 - Pavimento de Concreto de Cimento Portland.....	32
Figura 10 - Classificação dos Pavimentos Rígidos	33
Figura 11 - Distribuição das cargas nos pavimentos	36
Figura 12 - Pannel de Mensagem “Bem-Vindo a Palmas” e Placa de Sinalização.....	42
Figura 13 - Dimensões e Características da barreira tipo II	42
Figura 14 - Instalação de Barreira Flexível	43
Figura 15 - Ponte Fernando Henrique Cardoso em Palmas - TO.....	44
Figura 16 - Viaduto Simples.....	44
Figura 17 - Túnel em Rodovia de Pista Simples	44
Figura 18 - Aumento de k proporcionado por sub-base de CR.....	47
Figura 19 - Aumento de k proporcionado por sub-base granular.....	47
Figura 20 - Aumento de k proporcionado por sub-base SC	48
Figura 21 - Aumento de k proporcionado por sub-base SMC.....	48
Figura 22 - Aumento de k proporcionado por sub-base de CA.....	48
Figura 23 - Análise de fadiga - número de repetições admissíveis em função do fator de fadiga (com ou sem acostamento de concreto).....	50
Figura 24 - Análise de erosão - número admissível de repetições de carga com base no fator de erosão (sem acostamento de concreto)	51
Figura 25 - Análise de erosão - número admissível de repetições de carga com base no fator de erosão (com acostamento de concreto).....	52
Figura 26 - Aumento de k Devido à presença de sub-base granular	55
Figura 27 - Estudo de trafego realizado para projeto do pavimento em CBUQ	56
Figura 28 - Calculo da espessura do pavimento em CCP.....	57
Figura 29 - Análise de fadiga Eixos Simples (ES)	62

Figura 30 - Análise de fadiga Eixos Tandem Duplo (TD) e Eixos Tandem Triplos (TT)	63
Figura 31 - Análise de erosão Eixos Simples (ES).....	64
Figura 32 - Análise de erosão Eixos Tandem Duplo (TD) e Eixos Tandem Triplos (TT).....	65
Figura 33 – Junta transversal de retração serrada.....	66
Figura 34 – Junta transversal de retração com barras de transferência	67
Figura 35 – Junta longitudinal de articulação com barras de ligação e seção enfraquecida	69
Figura 36 – Largura e comprimento das placas do pavimento em CCP e posicionamento das barras	70
Figura 37 – Junta de expansão com barras de transferência.....	70
Figura 38 – Nova localização de jazida.....	74

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução do investimento público federal em infraestrutura de transporte rodoviário/PIB brasileiro, Brasil - 2001 a 2016 (%)	18
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Patologias do Pavimento Flexível	30
Tabela 2 - Comparação Físico-química entre Pavimentos Rígidos e Flexíveis	39
Tabela 3 - Fatores de Segurança para as Cargas	47
Tabela 4 – (Quadro 12) Tensão equivalente dos Eixos Simples e Tandem Duplo (pavimento sem acostamento de concreto).....	58
Tabela 5 - (Quadro 13) Tensão equivalente dos Eixos Tandem Triplos (pavimento sem acostamento de concreto)	59
Tabela 6 - (Quadro 20) Fator de erosão Eixos Simples e Tandem Duplo (junta com barras de transferência, pavimento sem acostamento de concreto)	60
Tabela 7 - (Quadro 21) Fator de erosão Eixos Tandem Triplos (junta com barras de transferência, pavimento sem acostamento de concreto)	61
Tabela 8 - Bitola, comprimento e espaçamento de barras de transferência (Barras lisas - Aço CA-25).....	66
Tabela 9 – Orçamento dos Macro Serviços do Pavimento em CBUQ (Planilha Sintética).....	72
Tabela 10 – Orçamento do Pavimento em CBUQ – Composição da Terraplanagem	72
Tabela 11 – Orçamento do Pavimento em CBUQ – Composição da Pavimentação	73
Tabela 12 – Orçamento do Pavimento em CCP – Composição da Terraplanagem	75
Tabela 13 – Orçamento do Pavimento em CCP – Composição da Pavimentação	77
Tabela 14 – Orçamento dos Macro Serviços do Pavimento em CCP e CBUQ	78

LISTA DE SIGLAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

AGETRANS - Agência De Máquinas E Transportes Do Estado Do Tocantins

CA – Concreto Asfáltico

CBR – California Bearing Ratio

CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado a Quente

CCP – Concreto de Cimento Portland

CNT – Confederação Nacional do Transporte

CR – Concreto Rolado

DMT – Distância Média de Transporte

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

FCS – Fatores de Segurança para as Cargas

IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias

OAC – Obras de Arte Correntes

OAE – Obras de Arte Especiais

PIB – Produto Interno Bruto

PCA – Portland Cement Association

PCAC – Pavimento de Concreto com Armadura Contínua

PCPM – Pavimento de Concreto Pré-Moldado

PCPRO – Pavimento de Concreto Protendido PCS – Pavimento de Concreto Simples

PDCA – Pavimento de Concreto Armado

SC – Solo-Cimento

SICRO 2 – Sistema de Custos Rodoviários 2

SMC – Solo Melhorado com Cimento

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. PROBLEMA DE PESQUISA	17
3. JUSTIFICATIVA	18
4. OBJETIVOS	19
4.1. Objetivo Geral	19
4.2. Objetivos Específicos	19
5. REVISÃO DE LITERATURA	20
5.1. Ensaios de caracterização do solo	21
5.2. Terraplanagem	22
5.3. Drenagem	23
5.4. Pavimentação	24
5.4.1. Pavimentos Flexíveis	24
5.4.1.1. Estrutura do Pavimento Flexível	24
5.4.1.2. Tipos de Pavimentos Flexíveis	26
5.4.1.3. Patologia dos Pavimentos Flexíveis	30
5.4.2. Pavimentos Rígidos	31
5.4.2.1. Estrutura do Pavimento Rígido	31
5.4.2.2. Tipos de Pavimentos Rígidos	32
5.4.2.3. Patologia dos Pavimentos Rígidos	34
5.4.3. Comparativo entre pavimento em CBUQ e CCP	35
5.4.3.1. Distribuição de carga	35
5.4.3.2. Materiais	36
5.4.3.3. Métodos de dimensionamento	37
5.4.3.4. Métodos de implantação	38
5.4.3.5. Desempenho	38
5.4.3.6. Manutenção	40
5.4.4. Métodos de Escolhas do Tipo de Pavimento	40
5.5. Sinalização	41
5.6. Obras Complementares	42
5.7. Obras Especiais	43
6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	45
6.1. Descrição da Pesquisa	45
6.2. Plano de Coleta de Dados	46

6.2.1.	Fatores de Segurança para as Cargas.....	46
6.2.2.	Coeficiente de Recalque	47
6.2.3.	Roteiro de Cálculo	48
6.2.4.	Orçamento	53
6.2.5.	Apresentação e Análise de Dados	53
7.	DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO DE CONCRETO.....	54
7.1.	Definição dos parâmetros de dimensionamento	54
7.2.	Cálculo da espessura do pavimento	57
7.2.1.	Análise de Fadiga	62
7.2.2.	Análise de Erosão	64
7.3.	Dimensionamento das juntas transversais	66
7.4.	Dimensionamento das juntas longitudinais.....	67
7.5.	Dimensionamento das juntas de expansão	70
8.	ORÇAMENTO DO PAVIMENTO DE CONCRETO	71
8.1.	Orçamento para o pavimento em CBUQ	71
8.2.	Orçamento para o pavimento em CCP.....	73
8.2.1.	Quantitativo de aço	73
8.2.2.	Quantitativo de concreto.....	74
8.2.3.	Distância Média de Transporte.....	74
8.2.4.	Orçamento	75
9.	COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE ORÇAMENTOS	78
10.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
11.	REFERÊNCIAS	81
ANEXO 1 - COMPOSIÇÃO DE CUSTOS PARA PAVIMENTO DE CCP COM FÔRMA DESLIZANTE COM AREIA E BRITA COMERCIAL		86
ANEXO 2 – COMPARATIVO ENTRE AS COMPOSIÇÕES DE CUSTO DO ITEM “PAVIMENTAÇÃO” EM CCP E CBUQ.....		87

1. INTRODUÇÃO

Uma das atribuições da Engenharia Civil é a execução e manutenção de vias para transportes como rodovias, ferrovias, hidrovias, aerovias e dutovias.

“As rodovias são a evolução dos primitivos caminhos, a princípio, aonde o homem ia em busca de caça, água e abrigo, e posteriormente, de reuniões de negócios e de cerimoniais.” (DAIBERT, 2015, p.9).

Ainda segundo DAIBERT (2015), as primeiras rodovias surgiram na Itália entre 1200 e 700 a.C., construídas pelos etruscos, precursores dos romanos. E a primeira via pavimentada registrada foi a Via Ápia, também localizada na Itália, criada em 312 a.C. unindo Roma à cidade de Cápua.

No Brasil, uma das primeiras estradas reportadas foi o caminho aberto para ligar São Vicente ao Planalto Piratininga, construída em 1560, época do terceiro governador-geral do Brasil, Mem de Sá. Em 1661, o governo da Capitania de São Vicente recuperou esse caminho, construindo o que foi denominada Estrada do Mar. (BERNUCCI et al., 2006).

Conforme ARAÚJO (2016, p.3):

A lei Joppert (Decreto Lei, nº 8.463 de 27 de dezembro de 1945), enfatizou na década de 40 a importância da construção de rodovias no Brasil, chamada de Lei Áurea do sistema rodoviário brasileiro, tendo em 1950 uma notável evolução da infraestrutura rodoviária brasileira, impulsionada pela indústria automobilística. Na década de 70 foi marcada pela grande quantidade de construção de rodovias no país.

O modal rodoviário se tornou o mais importante meio de transporte de carga e deslocamentos do país, porém a qualidade da maioria das rodovias não se encontra em situação ideal de rodagem. No estado do Tocantins, 81,0% (2.850 km) das rodovias se encontram com problema (regular, ruim ou péssimo) e apenas 19,0% (669 km) com classificação ótima ou boa no ano de 2018, segunda a “Pesquisa de Rodovias” realizada pela CNT (2018a) neste mesmo ano, que fez uma avaliação conjunta do pavimento, da sinalização e da geometria da via em 3.519 km no estado.

Na cidade de Palmas – TO, a AGETRANS contratou a Construtora EHL – Eletro Hidro Ltda. para a execução da pavimentação asfáltica das Avenidas NS-15 e LO-13. A duração

prevista para o contrato era de dois anos, no entanto a obra não foi concluída no prazo, devido a diversas paralisações.

Esta via tem como objetivo desviar o tráfego pesado do centro da cidade pela margem oeste do mesmo. Devido ao fato da circulação prevista para tráfego pesado, o órgão optou pelo revestimento em Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), por oferecer maior durabilidade e resistência aos esforços quando comparado ao Tratamento Superficial Duplo (TSD), que é o tipo de pavimento executado no restante das avenidas da cidade.

Considerando que CBUQ e Concreto de Cimento Portland (CCP) são, dentre os tipos de revestimento de pavimento regularmente utilizados, os que apresentam maior durabilidade e resistência, visto a importância do modal rodoviário no Brasil, e as condições em que se encontram as estradas no Tocantins, a Avenida NS-15 demonstrou ser um ótimo estudo de caso para a comparação de custos entre estes tipos de revestimento.

2. PROBLEMA DE PESQUISA

Os investimentos na malha viária do país vêm se apresentando insuficiente frente às demandas de construção e manutenção das vias (CNT, 2017). A escolha do tipo de pavimento está ligada diretamente ao custo de implantação do revestimento e não ao custo de durabilidade e manutenção, a fim de se ter economia de recursos na implantação. O interesse público geralmente visa apresentar uma grande quantidade de serviço com menor custo possível deixando em segundo plano as questões relacionadas à qualidade, conforto, durabilidade e custos de manutenção.

O Pavimento flexível é de uso predominante no país, principalmente devido ao seu custo de implantação ser inferior comparado ao do pavimento rígido, embora este apresente vida útil superior e necessidade de reparos e manutenção inferiores. Segundo a ABCP (2012), apenas 4% da malha viária nacional adota o pavimento de concreto.

Tanto o pavimento executado em CBUQ quanto o em CCP atendem as especificações técnicas. Observando o contexto dos investimentos públicos nas vias brasileiras e considerando os custos de implantação e manutenção de cada tipo de pavimento, questiona-se: qual opção apresenta a melhor relação custo-benefício? E qual a dimensão da diferença entre o custo de ambas?

3. JUSTIFICATIVA

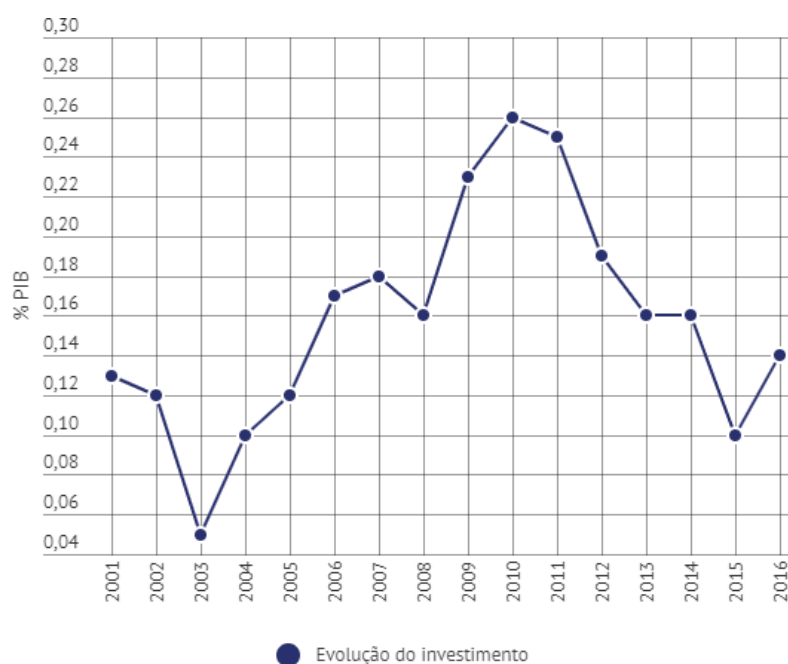
O desenvolvimento da malha rodoviária de um país bem como de outras malhas de transporte tem grande impacto e é de suma importância em seu desenvolvimento econômico e social.

Segundo a Clésio Andrade, Presidente da CNT (2018b):

Mais de 60% do transporte de cargas e mais de 90% dos deslocamentos de passageiros do Brasil são feitos por rodovias. Realizar fortes investimentos em infraestrutura de transporte é fundamental para oferecer segurança a motoristas, passageiros e pedestres e também para favorecer o desenvolvimento do setor e o crescimento econômico.

A situação dos investimentos do governo federal na malha rodoviária do país é insuficiente para sua melhoria e manutenção. Segundo um estudo divulgado pela CNT (2017), esses investimentos nos últimos anos (Gráfico 1) não chegam a 0,5% do PIB, mesmo nos anos de maior volume de investimentos. O que contribui para o aumento dos custos operacionais, bem como diminui a segurança do pavimento através do surgimento precoce de patologias na pista, sinalização precária e traçado perigoso.

Gráfico 1 - Evolução do investimento público federal em infraestrutura de transporte rodoviário/PIB brasileiro, Brasil - 2001 a 2016 (%)



Fonte: Elaboração CNT com dados do Siga Brasil e do IBGE (2017).

Visto que os investimentos não vêm suprindo as necessidades de desenvolvimento e manutenção, é de suma importância optar por sistemas com boa durabilidade.

Além disso, existe certa dificuldade na escolha do melhor investimento a ser feito considerando aspectos políticos, ambientais, sociais, econômicos e principalmente técnicos, como conforto aos usuários, resistência à carga e à tração, impermeabilidade, drenagem, além da segurança e durabilidade.

Essa escolha geralmente está diretamente ligada ao custo de implantação relacionado ao revestimento, porém é interessante se ter uma visão global de todos os aspectos para se chegar à melhor relação custo x benefício. Considerando a vida útil de cada tipo de pavimento, bem como os custos finais de cada um, pois dependendo do dimensionamento perante as características das jazidas da região, o pavimento rígido pode ter uma viabilidade econômica bastante atrativa.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo Geral

Analisar de forma sistêmica e global os custos para a execução da Avenida NS-15 na cidade de Palmas - TO, executada com pavimento em CBUQ e comparar com os custos previstos para implantação da mesma rodovia com um pavimento de CCP. Serão levados em consideração os custos globais com toda infraestrutura necessária, inclusive obras de arte corrente (OAC) e obras de arte especiais (OAE).

4.2. Objetivos Específicos

- a) Dimensionar o pavimento da NS-15 com revestimento em CCP, utilizando os mesmos dados geotécnicos e de tráfego utilizados no projeto que foi executado em CBUQ;
- b) Levantar o custo total da obra executada em CBUQ através do projeto da mesma e realizar o orçamento desta mesma obra substituindo o revestimento para CCP;
- c) Elencar as principais características, vantagens e desvantagens do sistema de revestimento de pavimento em CBUQ em comparação com o sistema de revestimento em CCP;
- d) Comparar globalmente os dois projetos, considerando os custos totais para implantação do empreendimento e as vantagens de um sistema em relação ao outro para auxiliar na tomada de decisão futura de gestores.

5. REVISÃO DE LITERATURA

Os procedimentos a serem seguidos na fase de execução das obras rodoviárias são basicamente: terraplanagem, drenagem, pavimentação, sinalização, obras complementares e obras especiais, nesta ordem. (DAIBERT, 2015).

Mas anteriormente a estes procedimentos, todo tipo de obra passa por diversas fases de planejamento e de construção até ser concluída. Para DAIBERT (2015), a fase de planejamento deve-se realizar diversos estudos preliminares como:

Justificativas para a implantação: Deve se observar os aspectos políticos, sociais e econômicos que a estrada pode proporcionar à sociedade.

Estudos de tráfego: Estudo realizado com o intuito de saber a quantidade de veículos que passará pela estrada, bem como suas características e projeção de acréscimo anual para determinado período de tempo.

Estudos de pluviometria: Estudo realizado sobre a ocorrência das chuvas na região em que a estrada será implantada, a fim de obter dados para dimensionamento de pontes, sistema de drenagem, etc.

Estudos geométricos: Estudo realizado para definir o melhor traçado da estrada, isto é, o melhor caminho que a estrada deverá seguir, desviando de obstáculos relevantes.

Estudos ambientais: Estudo realizado para obter o licenciamento ambiental necessário para início, término e liberação do empreendimento.

Estudos econômico e financeiro: Estudo realizado para que o empreendimento obtenha sucesso financeiro, analisando a viabilidade econômica, e a obtenção de recursos financeiros.

Estudos geotécnicos: Estudo realizado, a partir do traçado da estrada, para se conhecer o solo desta, a fim de descobrir as jazidas próximas para seu dimensionamento e execução.

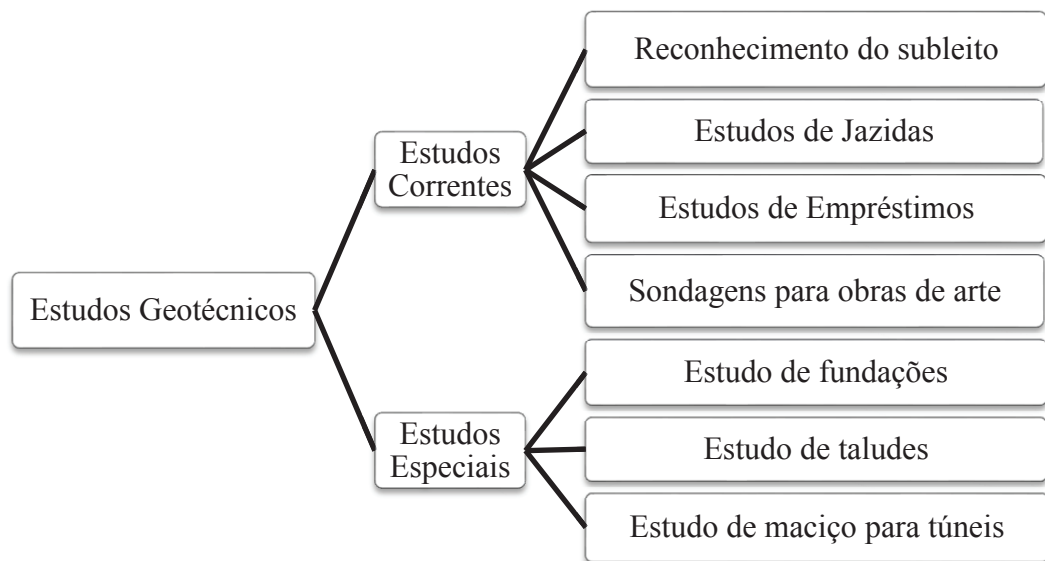
A caracterização do solo é de suma importância para o dimensionamento da pavimentação de acordo com as particularidades do subleito, bem como planejamento da

logística de solos das áreas de jazidas de empréstimo.

5.1. Ensaios de caracterização do solo

Os estudos geotécnicos se dividem em dois, estudos correntes que devem ser realizados sempre, e estudos especiais que são estudos ocasionais específicos, conforme a Figura 1:

Figura 1 - Subdivisão Geotécnica



Fonte: Adaptado de SANTOS (2018a, p.1)

SANTOS (2018a) define os procedimentos dos estudos geotécnicos:

Elaboração de um plano de sondagens: Consiste em uma investigação do material abaixo da superfície terrestre do subleito ou área de empréstimo, ao longo de uma determinada profundidade (profundidade de estudo).

Coleta de amostras deformadas: Estas amostras visam fornecer material para a realização dos ensaios geotécnicos.

Realização de ensaios laboratorial: Ensaios de granulometria (NBR NM 248:2003), limite de liquidez - LL (NBR 6459:2017), limite de plasticidade - LP (NBR 7180:2016), compactação (NBR 7182:2016) e CBR (NBR 9895:2016).

Classificação dos solos: Distingui-lo do universo geral dos solos, situando-o num grupo que apresente características comuns no tocante às suas propriedades geotécnicas, tendo como base os resultados de ensaios simples.

Determinação dos parâmetros usados no projeto de pavimentação: Parâmetros qualitativos, que são as características que o solo deve apresentar para serem usadas como material de pavimentação, e parâmetros quantitativos, que são os dados de entrada dos modelos de cálculo usados no dimensionamento do pavimento.

5.2. Terraplanagem

“Define-se terraplenagem como o conjunto de operações necessárias à escavação e movimentação de solos e rochas, removendo-se o excesso de material de uma região para outra em função de sua escassez.” (DNIT, 2017a, p.3).

As operações desta etapa são (DAIBERT, 2015; DNIT, 2017a):

- Escavação: Retirada do solo de seu local original (Figura 2);
- Carregamento ou Carga: Colocada do solo em um meio de transporte;
- Transporte: Locomoção do solo de seu local de origem ao seu local de uso, ou bota-fora, se o material for inservível;
- Descarregamento ou descarga e espalhamento: Retirada do solo do meio de transporte, desmanche e espalhamento dos mesmos na camada que está sendo construída;
- Compactação de aterros: Adensamento do solo que foi espalhado.

Figura 2 - Escavação com escavadeira



Fonte: Acervo da autora

A plataforma de solo regularizada e compactada resultante da terraplanagem denomina-se subleito.

5.3. Drenagem

“O sistema de drenagem é caracterizado pelo conjunto de dispositivos indispensáveis à promoção de desvio das águas superficiais e profundas do corpo e da plataforma de estradas, bem como das respectivas áreas adjacentes.” (DNIT, 2017b, p.3).

Esta etapa é de suma importância para a conservação e durabilidade da rodovia, pois a penetração das águas no corpo estradal tende a provocar sua degradação.

Os sistemas de drenagem se dividem em superficiais e subterrâneos. Os superficiais são responsáveis por escoar as águas pluviais acumuladas na superfície do pavimento, como valetas (Figura 3), sarjetas e bueiros, que são as OAC, por exemplo. Já os subterrâneos são responsáveis por coletar e desviar as águas do interior do solo, para evitar sua percolação no pavimento e seus taludes, como camada drenante e drenos (Figura 4), por exemplo.

Figura 3 - Drenagem Superficial de Rodovia
- Valeta



Fonte: Google Imagens (2018)

Figura 4 - Drenagem Subterrânea de Rodovia - Dreno Transversal



Fonte: Google Imagens (2018)

5.4. Pavimentação

O Manual do DNIT (2017c, p.3) define:

O pavimento corresponde a uma estrutura de múltiplas camadas com espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, além de propiciar aos usuários melhorias nas condições de rolamento, conforto, economia e segurança.

Os pavimentos se classificam em flexíveis e rígidos, popularmente denominados de pavimentos asfálticos e pavimentos de concreto, respectivamente. Ainda existem os semi-rígidos, que basicamente é uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica.

5.4.1. Pavimentos Flexíveis

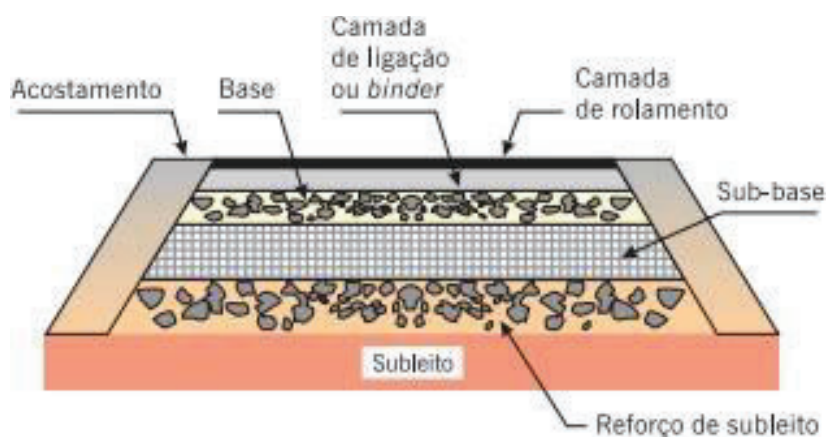
“Os pavimentos asfálticos são aqueles em que o revestimento é composto por uma mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfálticos. É formado por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito.” (BERNUCCI et al., 2006, p.9).

5.4.1.1. Estrutura do Pavimento Flexível

A estrutura do pavimento flexível (Figura 5) é composta pelas camadas citadas que

repousam sobre o subleito e se sobrepõem. Essa sobreposição dissipa os esforços solicitantes entre elas, porém estas não trabalham a esforços de tração.

Figura 5 - Estrutura do Pavimento Flexível (corte transversal)



Fonte: Adaptado de BERNUCCI (2006, p.10)

A seguir a definição de cada camada:

Reforço do subleito: Logo acima do subleito, pode ou não existir o reforço do subleito, uma camada utilizada quando necessário, para aumentar a resistência do subleito cujo material geralmente é de baixa capacidade de carga (DAIBERT, 2015, p.72). Esta camada de reforço deve possuir características técnicas superiores ao material do subleito original e inferiores ao material da sub-base. (DNIT, 2017c).

Sub-base: Acima do reforço do subleito ou do próprio subleito, repousa-se a sub-base, camada inferior à base, capaz de exercer a função de resistir às cargas transmitidas pela base, e pode ser, quando necessário, drenante e controladora de capilaridade de águas existentes. (DAIBERT, 2015, p.73).

Base: É a camada estruturalmente mais importante do pavimento. Sua capacidade estrutural será dada pelas propriedades de resistência e rigidez de cada material nela empregado. Tem como função resistir e distribuir os esforços provenientes da ação do tráfego, atenuando a transmissão destes esforços às camadas subjacentes. A base geralmente é construída com materiais estabilizados granulometricamente ou quimicamente, através de aditivos como cal, cimento, betume, entre outros. (DNIT, 2017c, p.4).

Imprimação ou Imprimadura: Antes de se executar a camada de revestimento é necessário isolar a base com uma pintura asfáltica, a fim de obter-se coesão entre estes e impermeabilização com a penetração do ligante asfáltico.

Pintura de Ligação: É a pintura asfáltica executada após a imprimação para obter-se aderência entre a camada imprimada e a camada asfáltica do revestimento. A quantidade de material empregado deve ser ideal, seu excesso pode causar exsudação e sua falta pode causar desagregação do revestimento.

“Os revestimentos são também identificados quanto ao tipo de ligante: a quente com o uso de CAP (cimento asfáltico de petróleo), ou a frio com o uso de EAP (emulsões asfálticas de petróleo).” (DNIT, 2017c, p.4).

Revestimento: “É a camada superior destinada a resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores, impermeabilizar o pavimento, além de melhorar as condições de rolamento (conforto e segurança).” (BERNUCCI et al., 2006, p.9).

5.4.1.2. Tipos de Pavimentos Flexíveis

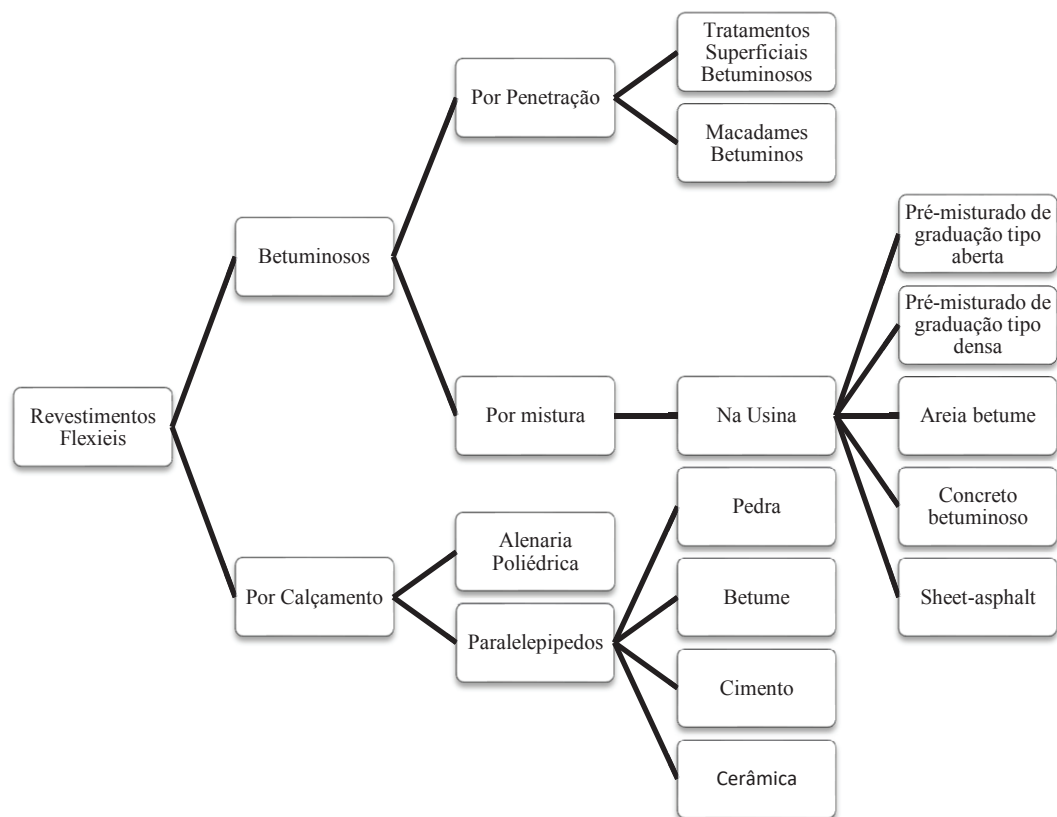
Geralmente o revestimento é composto por interação, por penetração ou por mistura, entre material betuminoso e agregados minerais. O material de revestimento pode ser fabricado em usina específica (misturas usinadas), fixa ou móvel, ou preparado diretamente na própria pista (tratamentos superficiais). (DNIT, 2017c).

Ainda de acordo com DNIT (2017c, p.4):

As misturas usinadas podem ser classificadas quanto à distribuição granulométrica em: densas, abertas, contínuas e descontínuas. A mistura de agregados e ligante é realizada em usina estacionária e transportada por caminhão para a pista, onde é lançada por equipamento apropriado. As exigências de características mecânicas do projeto da mistura são definidas em função da aplicação a que se destina.

A Figura 6 resume a classificação dos pavimentos flexíveis:

Figura 6 - Classificação dos Pavimentos Flexíveis



Fonte: Adaptado de JÚNIOR (2014 p.13 apud DNIT, 2006)

Existem diversos tipos de revestimentos flexíveis:

Tratamento Superficial (Simples, Duplo e Triplo): Consiste no revestimento constituído de uma ou mais camadas de ligante asfáltico, seguidas da aplicação de uma ou mais camadas de agregado mineral, submetidas à compressão mecânica. (DNIT, 2017c, p.20).

Macadame Betuminoso por Penetração: Consiste em uma camada de pavimento realizada por intermédio de duas aplicações alternadas de ligante asfáltico sobre agregados de tamanho e quantidades especificadas, sendo espalhada, nivelada e comprimida na pista. (DNIT, 2017c, p.21).

Lama Asfáltica: Consiste na associação de agregado mineral, material de enchimento (filer), emulsão asfáltica e água, com consistência fluida, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada, com a finalidade de selagem de trincas,

impermeabilização ou rejuvenescimento do revestimento. (DNIT, 2017c, p.22).

Micro-revestimento a Frio com Emulsão Modificada por Polímero: Consiste na associação de agregados, de material de enchimento (filer), de emulsão modificada por polímero do tipo SBS, de água e de aditivos, se necessários, com consistência fluida, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada. Pode ser aplicado sobre pavimentos desgastados e em áreas de permeabilidade variável, em zonas muito úmidas ou com a ocorrência de curvas acentuadas e na regularização de trechos. (DNIT, 2017c, p.23).

Micro Pré-Misturado a Quente com Asfalto Polímero: Consiste em uma mistura executada em usina apropriada, com características específicas, constituída por agregado, material de enchimento (filler), se necessário, e cimento asfáltico de petróleo modificado por polímero do tipo SBS, espalhada e comprimida a quente. É utilizado nas rodovias como camada de regularização, impermeabilização ou até como camada inibidora de reflexão de trincas subjacentes ao revestimento. (DNIT, 2017c, p.25).

Pré-Misturado a Frio: Consiste na mistura executada à temperatura ambiente, em usina apropriada, composta de agregado mineral graduado, material de enchimento (filer) e emulsão asfáltica, para espalhamento e compressão a frio. (DNIT, 2017c, p.26).

Areia Asfalto a Quente: Consiste em uma mistura executada a quente em usina apropriada, com características específicas, composta de areia (agregado miúdo), material de enchimento (filler), se necessário, e cimento asfáltico, espalhado e compactado a quente. (DNIT, 2017c, p.27).

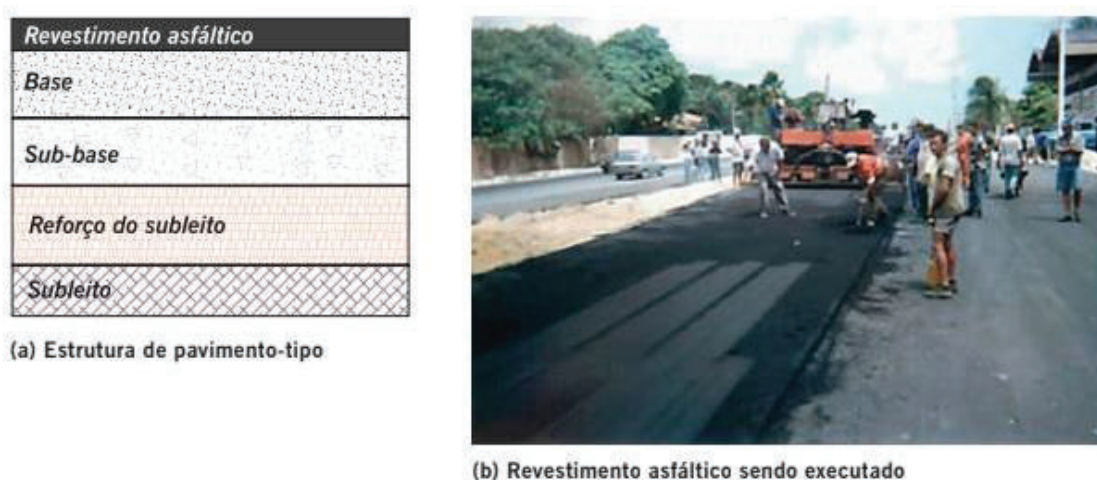
Pré-misturado a Quente com Asfalto Polímero - Camada Porosa de Atrito: Consiste em uma mistura executada em usina apropriada, com características específicas, constituída de agregado, material de enchimento (filer) e cimento asfáltico de petróleo modificado por polímero do tipo SBS, espalhada e comprimida a quente. Pode ser utilizado como camada sobrejacente ao revestimento, com a função de camada porosa de atrito. (DNIT, 2017c, p.28).

Concreto Asfáltico: Consiste em uma mistura executada a quente, em usina apropriada, com características específicas, composta de agregado graduado, material de enchimento (filler) e cimento asfáltico, espalhada e compactada a quente. (DNIT, 2017c, p.29).

Ainda de acordo com DNIT (2017c, p.29), existem três tipos de concreto asfáltico normalizados pelo próprio DNIT: Concreto asfáltico com ligante convencional (Especificação de Serviço DNIT nº 031/2006); Concreto asfáltico com asfalto polímero (Especificação de Serviço DNER nº 385/99) e Concreto asfalto com asfalto-borracha (Especificação de Serviço DNIT nº 112/2009).

Item analisado neste trabalho, é um dos tipos mais empregados no Brasil, também denominado CBUQ (Figura 7). Tipo de revestimento implantado na avenida NS-15 em Palmas – TO.

Figura 7 - Execução de Pavimento em CBUQ



Fonte: BERNUCCI (2006, p.338)

Para JÚNIOR (2014 apud GUIMARÃES NETO; SANTOS FILHO, 2011), o processo de fabricação desse concreto é realizado em usinas sob rigoroso controle de qualidade, mantendo uma quantidade mínima de vazios estruturais. Deverá ser aplicado numa temperatura de 140°C a 145°C, para isso alguns fatores devem ser levados em conta, como transporte e clima, permanecendo as características desejáveis do pavimento.

Pelo seu alto controle do processo de produção, transporte e aplicação, o CBUQ é o pavimento asfáltico mais nobre entre os flexíveis.

Segundo DNIT (2017c), cada uma dessas misturas tem requisitos próprios de dosagem e atendem a certa finalidade, sempre associadas a espessuras calculadas em função do tráfego e do tipo de materiais existentes nas outras camadas.

5.4.1.3. Patologia dos Pavimentos Flexíveis

As tensões e deformações induzidas na camada asfáltica pelas cargas do tráfego estão associadas ao trincamento por fadiga dessa camada. Ela ainda pode apresentar trincamento por envelhecimento do ligante asfáltico, ação climática etc. (BERNUCCI et al., 2006, p.9). A Tabela 1 resume as patologias do pavimento flexível e suas prováveis causas.

Tabela 1 - Patologias do Pavimento Flexível

Defeito		Descrição	Prováveis Causas
Trincas isoladas	Longitudinais	Apresenta direção predominante paralela ao eixo da via.	Junta de construção mal executada. Contração / dilatação do revestimento. Propagação de trincas de camadas subjacentes.
	Transversais	Apresenta direção predominante ortogonal ao eixo da via.	Contração / dilatação do revestimento. Propagação de trincas de camadas subjacentes.
Trincas interligadas	Jacaré / crocodilo	Assemelhando-se ao couro de jacaré ou crocodilo.	Ação repetida das cargas de tráfego.
	Bloco	Configuração próxima a um retângulo, podendo os blocos apresentar vários tamanhos.	Variações térmicas. União de trincas transversais e longitudinais.
Afundamento	Plástico	Apresenta além da depressão na região das trilhas de rodas um sollevamento lateral.	Ruptura das camadas do pavimento pela ação do tráfego.
	Consolidação	Caracteriza-se por uma depressão do revestimento na região das trilhas de roda.	Compactação insuficiente das camadas. Mistura asfáltica com baixa estabilidade. Infiltração de água nas camadas.
Ondulação/ corrugação		Caracteriza-se por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento de caráter plástico e permanente.	Instabilidade da mistura betuminosa ou base. Excesso de umidade das camadas. Materiais estranhos na mistura. Retenção da água na mistura.
Deterioração de remendos		Região do pavimento onde ocorreu substituição do material original.	Tráfego intenso. Uso de materiais de má qualidade.

		Condições ambientais agressivas.
		Problemas construtivos.
Panelas	Cavidade que se forma num primeiro estágio no revestimento apresentando dimensões variadas.	Trinca por fadiga. Desgaste de alta severidade.

Fonte: Adaptado de ROCHA; COSTA, 2009.

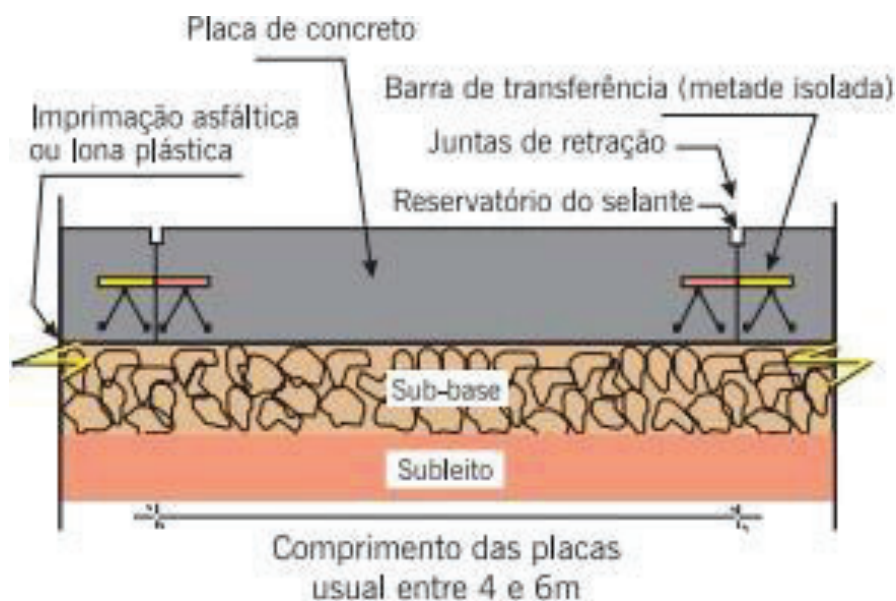
5.4.2. Pavimentos Rígidos

“Os pavimentos de concreto-cimento são aqueles em que o revestimento é uma placa de concreto de cimento Portland. Nesses pavimentos a espessura é fixada em função da resistência à flexão das placas de concreto e das resistências das camadas subjacentes.” (BERNUCCI et al., 2006, p.9).

5.4.2.1. Estrutura do Pavimento Rígido

A estrutura do pavimento rígido (Figura 8) é composta por uma subcamada chamada sub-base, que tem qualidade equivalente à sub-base dos pavimentos flexíveis, dispensando a camada de base.

Figura 8 - Estrutura do Pavimento Rígido (corte longitudinal)



Fonte: Adaptado de BERNUCCI (2006, p.10)

As placas de concreto protegem a camada do subleito, visto que absorvem e

dissipam em si grande parte da solicitação. Estas podem ser ou não armadas com barras de aço.

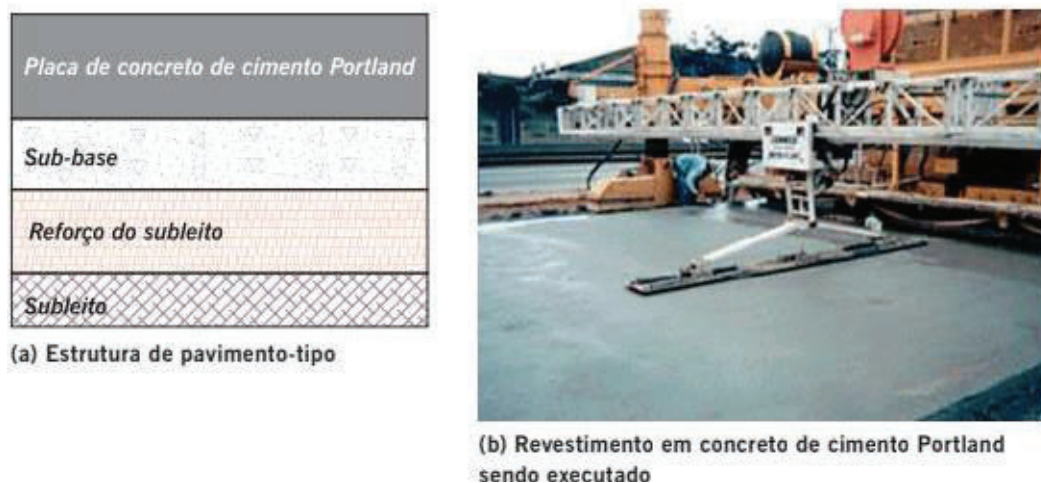
“A camada de sub-base pode ser executada com material granular, à semelhança dos pavimentos asfálticos, ou com concreto compactado com rolo, em função do tráfego solicitante e da vida útil desejada.” (DNIT, 2017c, p.3).

5.4.2.2. Tipos de Pavimentos Rígidos

A camada de rolamento dos pavimentos rígidos é elaborada com concreto produzido com agregados e ligantes hidráulicos, o que pode ser feito com diversas técnicas de manipulação e elaboração do concreto (como pré-moldagem ou produção in loco). (BALBO, 2009).

Entre os pavimentos rígidos estão os de concreto Cimento Portland (Figura 9), macadame cimentado e blocos intertravados. (JÚNIOR 2014 apud DNIT, 2006; BALBO, 2009).

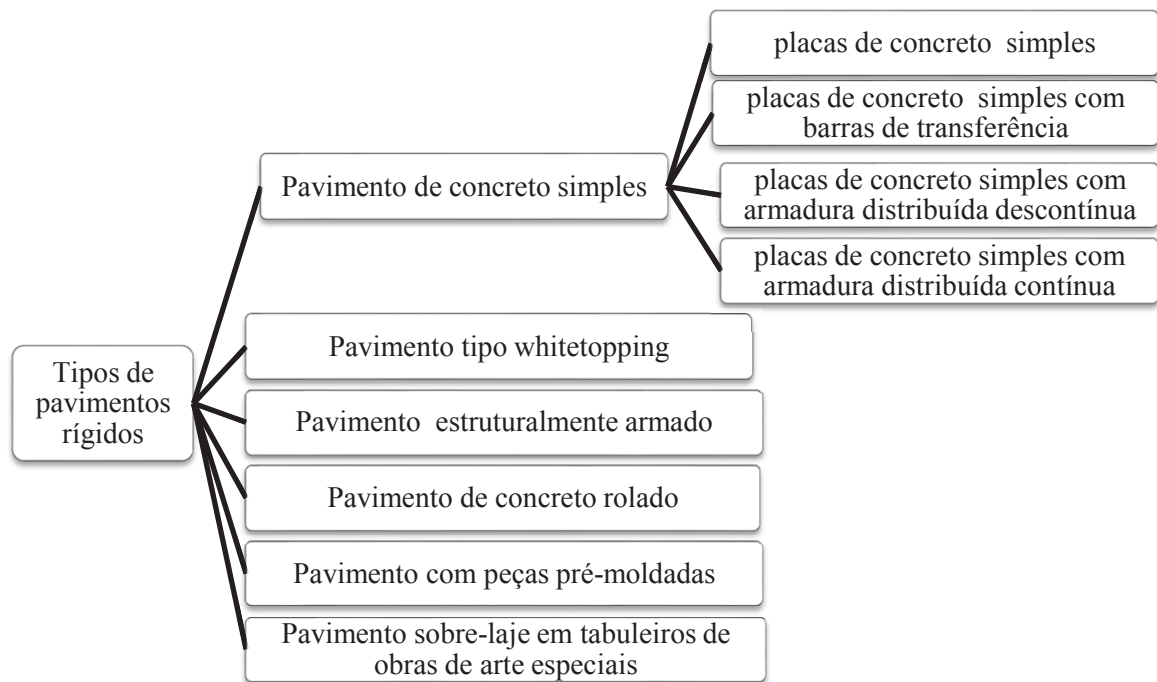
Figura 9 - Pavimento de Concreto de Cimento Portland



Fonte: BERNUCCI (2006, p.337)

A Figura 10 resume a classificação dos pavimentos rígidos de acordo com BIANCHI et al. (2008):

Figura 10 - Classificação dos Pavimentos Rígidos



Fonte: Adaptada de BIANCHI et al. (2008, p.9)

Existem diversos tipos de revestimentos rígidos em placas de concreto:

Pavimento de Concreto Simples: Concreto de alta resistência em relação a concretos estruturais para edifícios, que combate os esforços de tração na flexão gerados na estrutura, por não possuir armaduras para isso. A presença de juntas serradas de contração (para controle de retração) pouco espaçadas é marcante. (BALBO, 2009, p. 29).

Pavimento de Concreto Armado: Concreto que trabalha em regime de compressão no banzo comprimido, mas sem sofrer esmagamento. No banzo tracionado estão as armaduras resistentes aos esforços de tração, o que faz dele um concreto convencional armado. Há juntas serradas, porém de modo mais espaçado que no simples. (BALBO, 2009, p. 29).

Pavimento de Concreto com Armadura Contínua: Concreto que tolera a fissuração de retração, transversalmente, de modo aleatório. À armadura contínua, colocada pouco acima da linha neutra, na seção transversal da placa, cabe a tarefa de manter as faces

fissuradas fortemente unidas. Não se executam juntas de contração nesse pavimento, com exceção das construtivas. (BALBO, 2009, p. 30).

Pavimento de Concreto Protendido: Concreto que permite placas de grandes dimensões planas e menores espessuras, trabalhando em regime elástico. (BALBO, 2009, p. 30).

Pavimento de Concreto Pré-Moldado: As placas de concreto pré-moldadas atendem à necessidade de transporte. São normalmente fabricadas sob medida, com elevado controle e precisão, para a rápida substituição de placas em pavimentos deteriorados. (BALBO, 2009, p. 30).

Whitetopping: Nova camada de revestimento de um antigo pavimento asfáltico de concreto, que poderá ser em PCS, PDCA, PCAC, PCPRO ou PCPM, de acordo com os respectivos padrões construtivos dessas soluções. (BALBO, 2009, p. 30).

Whitetopping Ultradelgado: Camada delgada de concreto, de elevada resistência, lançada sobre a antiga superfície asfáltica fresada, que apresenta placas de pequenas dimensões e trabalha por flexão e deflexão. As juntas de contração são serradas com espaçamentos pequenos e, em geral, utiliza-se concreto de alta resistência. (BALBO, 2009, p. 30).

O tipo de pavimento rígido a ser utilizado será decidido posteriormente na etapa de dimensionamento.

5.4.2.3. Patologia dos Pavimentos Rígidos

De acordo com PITTA (1998, grifo do autor):

Uma peça de concreto submetida a ciclos reiterados de carregamento pode vir a romper após um certo número de repetições de cargas, ainda que a tensão máxima produzida por estas seja inferior à resistência do material ao esforço. O fenômeno, conhecido como **fadiga**, é plenamente aplicável ao caso de pavimentos de concreto sujeitos ao tráfego de veículos móveis - sejam estes de que tipo forem.

Outro fenômeno patológico do pavimento de concreto é a erosão, causada pela perda de material da camada de suporte direto da placa de concreto, por ação combinada da água e da passagem de cargas (principalmente dos eixos múltiplos), dando-se o fato também

nas laterais do pavimento. (DNIT, 2005, p. 90).

As fissuras são um grande problema nas placas de concreto, pois além de gerar problemas estruturais de difícil solução, redução da durabilidade, inclusive funcional, dos pavimentos de concreto, gera prejuízo estético na percepção do usuário. (BALBO, 2009, p. 70).

BALBO (2009 p.71 apud Weiss; Ozyldirim, 2007) resume as causas de fissuração e falhas nos pavimentos de concreto:

- Carregamento (peso próprio ou cargas dinâmicas): projeto inadequado, concreto inadequado, alteração precoce de premissas de projeto (causas mais raras).
- Projeto: detalhamento de juntas inadequado; resistência à fadiga não compatível com o concreto utilizado.
- Construção: juntas malformadas (causa mais comum); dosagem inadequada do concreto; cura inadequada (causa comum).
- Ambientais: por recorrência de subsidência do concreto, retração plástica, retração por secagem, contração térmica, ação do congelamento, corrosão, ataque por sulfatos, reação álcalis-agregados.

Bem como combate a essas causas exige:

- Seleção o tipo de pavimento de concreto mais adequado.
- Projeto muito bem especificado.
- Exato e preciso proporcionamento das misturas.
- Boas práticas de construção.
- Fiscalização presente e adequada no canteiro de obras.

5.4.3. Comparativo entre pavimento em CBUQ e CCP

Tanto o CBUQ quanto o CCP têm suas particularidades, a partir da análise destas pode-se fazer um estudo comparativo entre ambos.

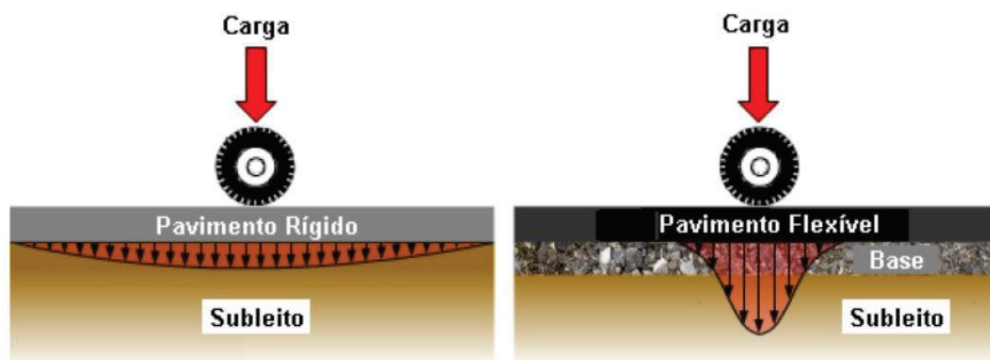
5.4.3.1. Distribuição de carga

De acordo com ARAÚJO (2016, p.6), no pavimento rígido a placa absorve maior parte das tensões, distribuição das cargas faz-se sobre uma área relativamente maior, qualidade

de solo pouco interfere no comportamento estrutural pouco deformável e mais resistente à tração.

Ainda segundo ARAÚJO (2016, p.6), no pavimento flexível a carga se distribui em parcelas proporcionais à rigidez das camadas, todas as camadas sofrem deformações elásticas significativa, as deformações até um limite não levam ao rompimento, a qualidade do solo é importante, pois é submetido a altas tensões e absorve maiores deflexões. Como mostra a Figura 11.

Figura 11 - Distribuição das cargas nos pavimentos



Fonte: Adaptada de ARAÚJO (2016 p.6 apud questoesdeconcurso.com.br)

5.4.3.2. Materiais

Referente ao estudo do tipo de solo de ambos os pavimentos não há muitas variações. Já referente aos agregados existe um controle mais específico para cada tipo de pavimento, tendo em vista que cada um exige propriedades distintas e compõe a maior parcela do volume de ambos os pavimentos. (RIBAS, 2017 apud NETO, 2011).

RIBAS (2017) ainda afirma que no pavimento flexível, o aglomerante betuminoso, material derivado do petróleo, é o responsável por fazer a ligação entre os agregados, porém esta função também é exercida pelo cimento Portland em alguns destes pavimentos.

Já nos pavimentos rígidos, o cimento Portland é o principal componente. Entre os materiais específicos nesse tipo de pavimento estão os selantes de juntas, aços e a própria água que é adicionada em sua mistura. O que torna mais complexo o controle de qualidade do pavimento de concreto. (RIBAS, 2017 apud NETO, 2011).

5.4.3.3. Métodos de dimensionamento

O dimensionamento de um pavimento consiste na determinação das espessuras de todas as suas camadas, de forma que estas resistam, transmitam e distribuam as pressões resultantes da passagem dos veículos ao subleito, sem que sofram ruptura, deformações apreciáveis ou desgastes excessivos. (SENÇO, 2003).

Sobre pavimentos flexíveis SENÇO (2003, p.423) afirma: “Devido à menor condição de distribuir as pressões ao subleito, quando comparados com os pavimentos rígidos, tem muita importância, no dimensionamento, a busca de materiais para as camadas de sub-base e reforço do subleito.”

Segundo SANTOS (2018b), A seleção dos materiais se dá em função do volume de tráfego, do período de projeto, das condições do subleito, das técnicas construtivas e dos critérios de ruptura.

As etapas do dimensionamento do pavimento flexível são:

- a) Determinar dimensões de cada camada do pavimento;
- b) Verificar se o pavimento atende como elemento estrutural, a função que lhe é destinada;
- c) Obter quantitativo de materiais e serviços a serem executados.

Os métodos de dimensionamento se dividem entre os empíricos e mecanísticos. Os empíricos são baseados na experiência acumulada e correlacionam o desempenho com algumas propriedades dos materiais utilizados na construção. Já os mecanísticos, utilizam uma teoria para prever as tensões e deformações provenientes do tráfego e do clima na estrutura do pavimento, e procura compatibilizá-las com as tensões resistentes dos materiais. (SANTOS, 2018b)

BALBO (2009 p. 295 apud PCA, 1991) afirma que:

Os procedimentos de projeto de pavimentos de concreto simples foram resultados de esforços, tanto teóricos quanto experimentais, sobre tudo no desenvolvimento rodoviário dos EUA, desde as primeiras décadas do século XX. Tais evoluções passaram por determinação de fatos em pista, como a necessidade de juntas longitudinais para controle de fissuração errática nos PCS.

DNIT (2005) apresenta dois métodos para o dimensionamento dos PCS, elaborados pela Portland Cement Association (PCA), uma versão mais tradicional e largamente adotada no Brasil de 1966 e outra versão mais atual de 1984 quem engloba novos conceitos.

De acordo com SANTOS (2018c), no dimensionamento do pavimento rígido, se busca trabalhar os esforços oriundos do tráfego na placa de concreto, a fim de proteger mais a fundação. Analisam-se 3 fatores neste caso:

- a) As propriedades do concreto, tais como o módulo de ruptura à tração na flexão e a idade do concreto;
- b) A fundação do pavimento (subleito);
- c) O tráfego.

5.4.3.4. Métodos de implantação

Segundo JUNIOR (2014), nos pavimentos flexíveis existem várias opções na realização de uma camada que pode suprir a maioria das necessidades locais com custos relativamente baixos, porém o número de serviços e camadas pode ser maior.

A norma que regulamenta a execução do CBUQ é a NBR 12949:1993 Concreto betuminoso usinado a quente – Procedimento.

Já nos pavimentos rígidos as opções são menos variadas e mais limitadas, entretanto seu maior suporte para o tráfego evita maior quantidade de serviços necessários e eventualmente diminuindo os gastos na construção da via ao relacionar custo-benefício. JUNIOR (2014).

A norma que regulamenta as etapas de execução do PCS é a NBR 7583:1986 - Execução de pavimentos de concreto simples por meio mecânico.

5.4.3.5. Desempenho

Ambos os pavimentos atendem as especificações técnicas de resistência e segurança, porém o pavimento de concreto tem maior vida útil, exige menos manutenções e possui maior segurança comparado ao pavimento asfáltico. Entretanto o custo de implantação e manutenção dos pavimentos flexíveis é menor.

A tabela 2 a seguir, compara de forma direta as características físico-químicas entre os pavimentos flexíveis e rígidos.

Tabela 2 - Comparação Físico-química entre Pavimentos Rígidos e Flexíveis

Pavimentos Rígidos	Pavimentos Flexíveis
Estruturas mais delgadas de pavimento.	Estruturas mais espessas (requer maior escavação e movimento de terra) e camadas múltiplas.
Resiste a ataques químicos (óleos, graxas, combustíveis).	É fortemente afetado pelos produtos químicos (óleo, graxas, combustíveis).
Maior distância de visibilidade horizontal, proporcionando maior segurança.	A visibilidade é bastante reduzida durante a noite ou em condições climáticas adversas.
Pequena necessidade de manutenção e conservação, o que mantém o fluxo de veículos sem interrupções.	Necessário que se façam várias manutenções e recuperações, com prejuízos ao tráfego e custos elevados.
Falta de aderência das demarcações viárias, devido ao baixo índice de porosidade.	Melhor aderência das demarcações viárias, devido a textura rugosa e alta temperatura de aplicação (30 vezes mais durável).
Vida útil mínima de 20 anos.	Vida útil máxima de 10 anos (com manutenção).
Maior segurança à derrapagem em função da textura dada à superfície (veículo precisa de 16% menos de distância de frenagem em superfície seca, em superfície molhada 40%)	A superfície é muito escorregadia quando molhada.
De coloração clara, tem melhor difusão de luz. Permite até 30% de economia nas despesas de iluminação da via.	De cor escura, tem baixa reflexão de luz. Maiores gastos com iluminação.
O concreto é feito com materiais locais, a mistura é feita a frio e a energia consumida é a elétrica.	O asfalto é derivado de petróleo importado, misturado normalmente a quente, consome óleo combustível e divisas.
Melhores características de drenagem superficial: escoamento melhor a água superficial.	Absorve a umidade com rapidez e, por sua textura superficial, retém a água, o que requer maiores caimentos.

Mantém íntegra a camada de rolamento, não sendo afetado pelas intempéries.	Altas temperaturas ou chuvas abundantes produzem degradação.
--	--

Fonte: Adaptada de BIANCHI et al. (2008, p.14)

5.4.3.6. Manutenção

Com o passar do tempo o pavimento vai se desgastando devido às solicitações das cargas e às intempéries ambientais que provocam patologias (causas mais comuns em pavimentos flexíveis), que também podem ser ocasionadas por erros de execução (causa mais comum em pavimentos rígidos). SANTOS (2018d), afirma que há dois tipos gerais de patologia no pavimento:

- Patologias estruturais: que afetam a capacidade do pavimento em suportar as cargas do tráfego, por exemplo, as trincas transversais; e
- Patologias funcionais: que afetam a segurança e as condições de dirigibilidade do pavimento, por exemplo, a rugosidade.

Nos pavimentos asfálticos os custos de manutenção são menores, caso não haja necessidade de reestruturação deste, porém são frequentes. Já os custos de manutenção dos pavimentos de concreto a manutenção é menos frequente, porém de custo mais elevado. (RIBAS 2017 apud NETO, 2011).

5.4.4. Métodos de Escolhas do Tipo de Pavimento

O ponto de partida do projeto de pavimentação se dá pela escolha do tipo de pavimento. Essa escolha geralmente tem maiores influências econômicas e políticas do que técnicas.

De acordo com RIBAS (2017 apud RADFORD, 1957), inicialmente é levada em consideração os custos e preços da implantação de diversos tipos de pavimentos, optando-se pelo qual obtém custo unitário menor. Somente opta-se por outro em caso de razões especiais ou indicação que um tipo de pavimento mostre superioridade marcante sobre os outros considerados.

Quando há equivalência entre os custos levantados a escolha deverá ser realizada

pelas demais características avaliadas. A importância das características físicas é incluída nas comparações orçamentárias, como resistência ao rolamento, desgaste dos pneus, lisura, elasticidade e desgaste que influem no custo para implantação de pavimentos. (RIBAS, 2017 apud RADFORD, 1957).

Ainda de acordo com RIBAS (2017, p.45 apud RADFORD, 1957):

Em casos bastante frequentes se chegará à conclusão de que o custo para execução será aproximadamente semelhante para as diversas opções de pavimentação. Nestes casos a escolha deve ser feita por outras considerações relevantes. Ainda, algumas características dos tipos de pavimentações não se refletem no custo de implantação, portanto, faz-se necessário avaliar arbitrariamente as características e optar pela solução viável.

Não são consideradas tais características como a cor do pavimento que está ligada ao conforto dos motoristas perante reflexão da luz solar durante o dia, e melhor iluminação noturna; a facilidade de limpeza, que está ligada diretamente aos custos de manutenção da rodovia; a segurança perante drenagem, acúmulo de pó e coeficientes de atrito da via; e aparência das degradações. (RIBAS, 2017 apud RADFORD, 1957).

Outro fator não tão considerado é a oferta de materiais locais da região, é necessário investigar esses recursos locais a fim de garantir a qualidade aceitável bem como quantidade suficiente dos insumos. (RIBAS, 2017 apud RADFORD, 1957).

Além disso, os tipos existentes de pavimento em uma unidade administrativa também têm sua influência. Caso a unidade utilize somente limite o tipo de pavimento, a organização para conservação é simplificada. E no caso desta unidade ter preferência por somente um único tipo de pavimentação, os preços tendem a aumentar por falta de competição pela concorrência. (RIBAS, 2017 apud RADFORD, 1957).

Em Palmas – TO, a maioria das vias são implantadas com pavimento asfáltico, este pode ter sido um dos fatores que influenciaram a preferência por CBUQ na pavimentação da avenida NS-15.

5.5. Sinalização

“Os elementos, dispositivos e equipamentos de sinalização rodoviária têm como

função ordenar, advertir e orientar acerca das características físicas e operacionais da via, oferecendo aos seus usuários condições seguras de tráfego.” (DNIT, 2017d, p.3).

Existem 4 tipos de sinalização rodoviária:

Sinalização Horizontal: Sinalização pintada sobre as faixas do revestimento.

Sinalização Vertical: Sinalização por meio de placa, painéis (Figura 12).

Dispositivos Auxiliares: Tipo de sinalização vertical para auxílio específico, como balizadores, tachas ou tachões refletivos e barreiras de sinalização (Figura 13).

Sinalização de Obras e Emergências: Sinalização para evitar problemas de fluidez e segurança na circulação de veículos em situação de obras de restauração, manutenção, conservação e emergências ocasionais simultâneas ao trânsito.

Figura 12 - Painel de Mensagem “Bem-Vindo a Palmas” e Placa de Sinalização



Fonte: Google Imagens (2018)

Figura 13 - Dimensões e Características da barreira tipo II



Fonte: Google Imagens (2019)

Todas devem obter projetos específicos e obedecer aos conceitos preconizados no Manual de Sinalização Rodoviária - IPR/DNIT.

5.6. Obras Complementares

Obras complementares são aquelas que não obedecem a um critério de rotina, podendo acontecer ou não na rodovia em que estamos trabalhando, e que ocorrem para a

finalização dos serviços de construção. (DAIBERT, 2015).

Ainda segundo DAIBERT (2015, p.55), podemos relacionar como complementares as seguintes:

- Revestimento vegetal nos locais sem cobertura;
- Plantações de espécies de árvores nativas em pagamento a áreas degradadas;
- Muros de contenção dos taludes de corte e saias de aterro;
- Passarelas para pedestres;
- Telas antiofuscantes nas pistas duplas; e
- Barreiras rígidas e flexíveis (Figura 14) nos viadutos e pontes, nas curvas e nos canteiros centrais.

Figura 14 - Instalação de Barreira Flexível



Fonte: Google Imagens (2018)

Já referente a iluminação, no Artigo. 30 da constituição federal de 1988 esta implícito que o município deve prestar os serviços referentes a iluminação pública. Custos que podem estar incluídos no orçamento de uma via.

5.7. Obras Especiais

“Dentre as obras especiais podemos destacar as OAE, que são as pontes (Figura 15), os viadutos (Figura 16), os túneis (Figura 17), as passagens inferiores, entre outras.” (DAIBERT, 2015, p.83).

Figura 15 - Ponte Fernando Henrique
Cardoso em Palmas - TO



Fonte: Google Imagens (2018)

Figura 16 - Viaduto Simples



Fonte: Google Imagens (2018)

Figura 17 - Túnel em Rodovia de Pista Simples



Fonte: Google Imagens (2018)

As obras de arte especiais podem ser definidas como toda estrutura que, pelas suas proporções e características peculiares, requerem um projeto específico, bem como tratamento individualizado, em termos de pessoal, equipamentos e acompanhamento. (DNIT, 2017e, p.3; DAIBERT, 2015, p.83).

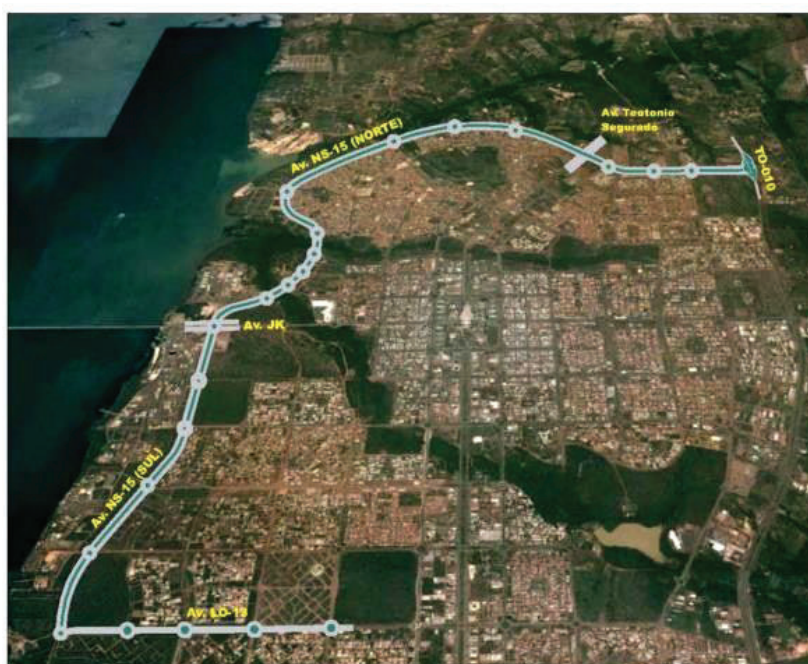
6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

6.1. Descrição da Pesquisa

O foco deste estudo é a comparação de custos para implantação de rodovia pavimentada em CBUQ e de CCP. Será desenvolvido um estudo global, considerando todos os componentes de projetos de uma rodovia equivalentes, diferenciando-se apenas o revestimento do pavimento.

A técnica desta pesquisa é a coleta de informações de projeto e orçamento do pavimento implantado em CBUQ da Avenida NS – 15 em Palmas – TO (Figura 18), com extensão aproximada de 14 km, e a sua comparação com o projeto de pavimento dimensionado com revestimento em CCP.

Figura 18 – Mapa de Situação da Avenida NS-15 em Palmas - TO



Fonte: Memorial Descritivo e Plano de Execução da Obra - EHL (2014).

Este estudo caracteriza-se em uma pesquisa quantitativa e qualitativa. Quantitativa por utilizar dados numéricos de custos de cada tipo de pavimento para descobrir a diferença de valor entre estes. E Qualitativa por também analisar as características de ambos os projetos para determinar a melhor opção entre os pavimentos para a obra específica.

O processo de pesquisa é exploratório e descritivo. Exploratório pelo levantamento de referencial teórico para embasar e aprofundar o entendimento sobre o tema. E descritivo por analisar o objeto de estudo com coleta de informações quantitativas e qualitativas.

6.2. Plano de Coleta de Dados

Inicialmente serão obtidas as informações necessárias pelos projetos da pavimentação da Avenida NS – 15 da cidade de Palmas – TO para o estudo de comparação e coleta de dados quantitativos e qualitativos utilizados no projeto em CBUQ para base do dimensionamento do projeto em CCP. Os itens a serem obtidas tais informações são:

- Estudos Geotécnicos;
- Estudos de Tráfego;
- Projeto de Terraplenagem;
- Projeto de Pavimentação;
- Planilhas Orçamentárias.

Em seguida será dimensionado o pavimento com revestimento em CCP, utilizando as informações geotécnicas e de tráfego utilizadas no dimensionamento do pavimento implantado.

O dimensionamento para o pavimento rígido seguirá as orientações do DNIT pelo método PCA 84, que se aplica tanto a PCS quanto a pavimentos com barras de transferência.

6.2.1. Fatores de Segurança para as Cargas

Após a obtenção das ações proveniente do tráfego, são considerados os fatores de segurança para as cargas (FCS) da Tabela 3.

Tabela 3 - Fatores de Segurança para as Cargas

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: Adaptada de DNIT (2005, p. 95)

6.2.2. Coeficiente de Recalque

Para efeito de projeto, relacionamos o coeficiente de recalque (k) com o CBR do subleito e a um aumento de k proporcionado pela sub-base de acordo com o seu tipo através de valores tabelados:

- CR - Concreto Rolado (Figura 18);
- Sub-base granular (Figura 19);
- SC - Solo-Cimento (Figura 20);
- SMC - Solo Melhorado com Cimento (Figura 21);
- CA - Concreto Asfáltico (Figura 22);

Figura 18 - Aumento de k proporcionado por sub-base de CR

CBR sublt (%)	k sublt (MPa/m)	k CR 10 (MPa/m)
4	30	101
5	34	111
6	38	120
8	44	133
10	49	144

Fonte: SANTOS (2018c, p. 17)

Figura 19 - Aumento de k proporcionado por sub-base granular

CBR sublt (%)	k sublt (MPa/m)	k BG 10 (MPa/m)
4	30	34
5	34	38
6	38	42
8	44	48
10	49	54

Fonte: SANTOS (2018c, p. 18)

Figura 20 - Aumento de k proporcionado por sub-base SC

CBR sub _l (%)	k sub _l (MPa/m)	k SC 10 (MPa/m)
4	30	81
5	34	90
6	38	98
8	44	109
10	49	119

Fonte: SANTOS (2018c, p. 19)

Figura 21 - Aumento de k proporcionado por sub-base SMC

CBR sub _l (%)	k sub _l (MPa/m)	k SMC 10 (MPa/m)
4	30	60
5	34	66
6	38	73
8	44	82
10	49	89

Fonte: SANTOS (2018c, p. 20)

Figura 22 - Aumento de k proporcionado por sub-base de CA

CBR sub _l (%)	k sub _l (MPa/m)	k CA 10 (MPa/m)
4	30	40
5	34	45
6	38	50
8	44	55
10	49	66

Fonte: SANTOS (2018c, p. 21)

Existem tabelas mais completas, com maior variação dos valores de CBR do subleito.

6.2.3. Roteiro de Cálculo

De acordo com DNIT (2005, p.96), em seu manual de pavimentos rígidos, para dimensionar a espessura do pavimento de concreto pelo método PCA 84 deve-se seguir os seguintes passos:

a) Definição dos parâmetros de dimensionamento:

- tipo de acostamento e adoção ou não de barras de transferência,

- resistência á tração na flexão aos 28 dias,
- coeficiente de recalque (de acordo com as figuras 18 à 22, ou tabelas mais completas),
- fator de segurança (Quadro 3),
- tráfego esperado para cada nível de carga e de acordo com a vida de projeto do pavimento.

b) Adoção de uma espessura tentativa de concreto e preenchimento dos dados da folha tipo de trabalho (Quadro 11 do manual).

c) Determinar a Tensão Equivalente nos quadros 12 e 13, ou 14 e 15 do manual, dependendo se o pavimento terá ou não acostamento de concreto, para eixos simples, tandem duplos e tandem triplos, com a espessura estimada da placa (H) e o coeficiente de recalque do sistema (k).

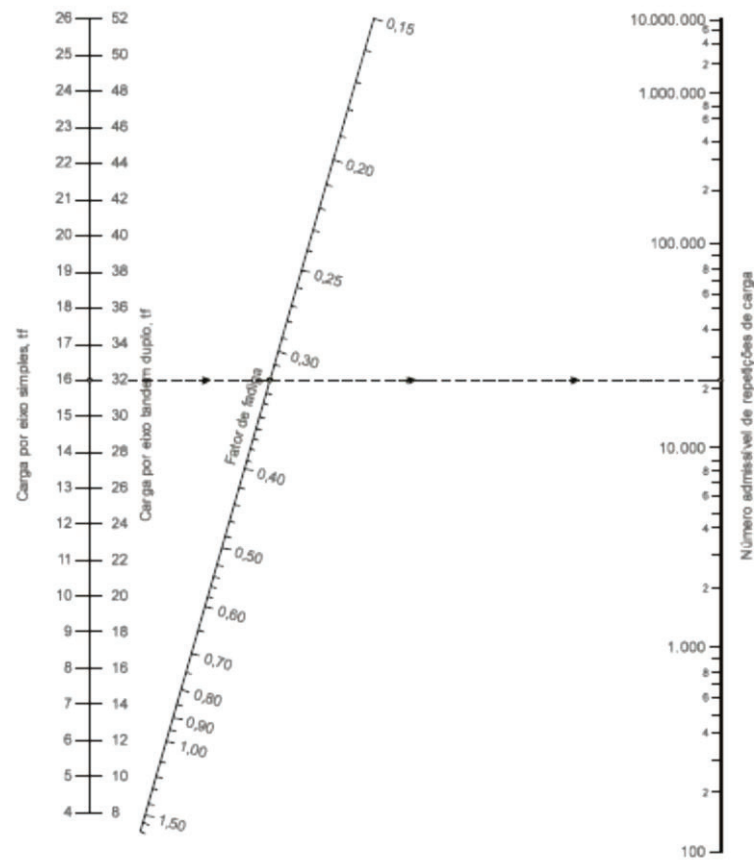
d) Determinam-se nos quadros do manual 16 e 17, 18 e 19, 20 e 21 ou 22 e 23 os Fatores de Erosão, de acordo com o tipo de junta considerada e o tipo de acostamento;

- entra-se com a espessura H e o k do sistema;
- determinam-se os fatores de erosão para os eixos simples, tandem duplos e tandem triplos;
- transportam-se respectivamente estes valores para os espaços 10, 12 e 15 do formulário do quadro 11 do manual.

e) Calculam-se os Fatores de Fadiga dos Campos 9, 13 e 16 do formulário do quadro 11 do manual, para os eixos simples, tandem duplos e tandem triplos, dividindo as Tensões Equivalentes pela resistência de projeto.

f) Com o Fator de Fadiga e as cargas por eixos simples e tandem duplos, determinam-se as Repetições Admissíveis na coluna 4, do quadro 11 do manual, pela Figura 23 (Análise por Fadiga).

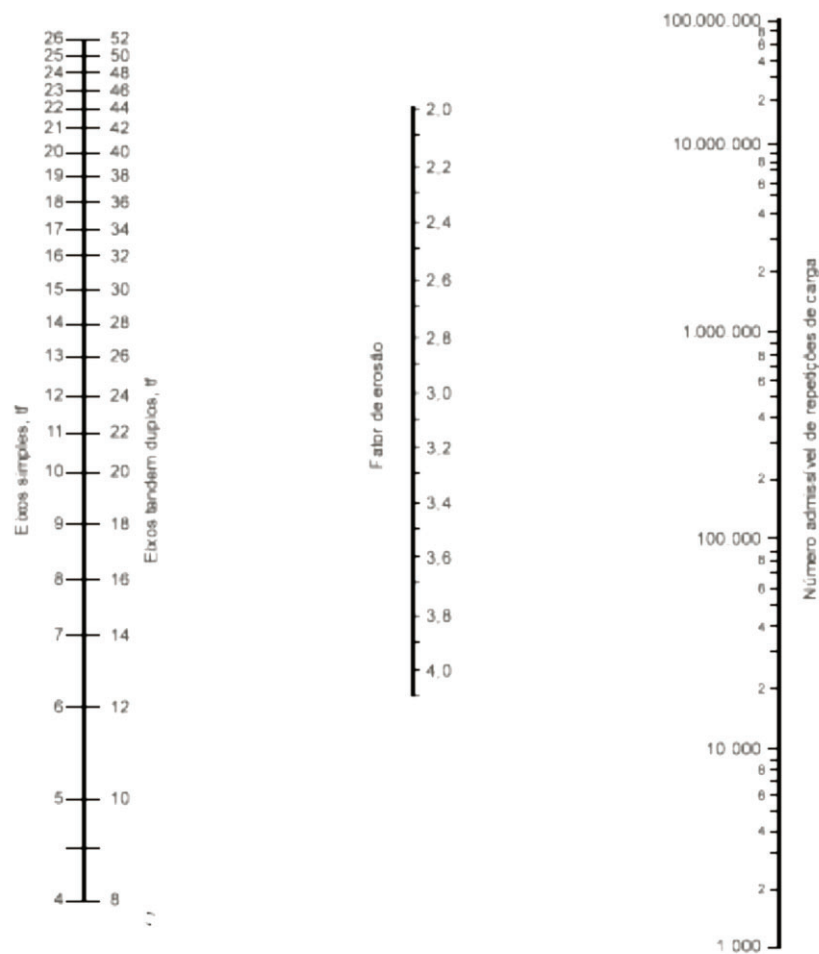
Figura 23 - Análise de fadiga - número de repetições admissíveis em função do fator de fadiga
(com ou sem acostamento de concreto)



Fonte: DNIT (2005, p. 113)

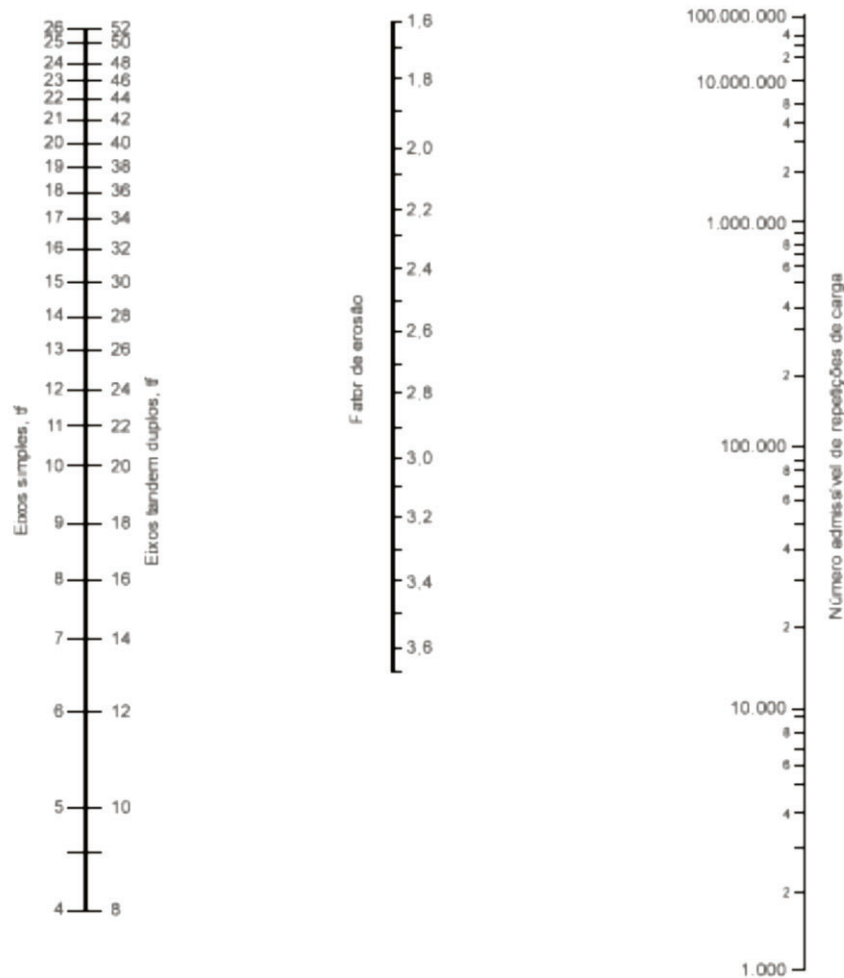
g) Com o Fator de Erosão e as cargas por eixo simples e tandem duplos, determinam-se as Repetições Admissíveis no ábaco da Figura 24 (para o caso de um pavimento sem acostamento de concreto) ou no ábaco do anexo 25 do manual (para o caso de um pavimento com acostamento de concreto) que são lançadas na coluna 6 do quadro 11 do manual.

Figura 24 - Análise de erosão - número admissível de repetições de carga com base no fator de erosão (sem acostamento de concreto)



Fonte: DNIT (2005, p. 114)

Figura 25 - Análise de erosão - número admissível de repetições de carga com base no fator de erosão (com acostamento de concreto)



Fonte: DNIT (2005, p. 115)

h) Dividem-se as repetições esperadas pelas respectivas repetições admissíveis, determinadas tanto na Análise por Fadiga como na Análise por Erosão, determinando se as porcentagens de resistência à fadiga consumida e o dano por erosão; transportam-se os valores calculados para as colunas 5 e 7, respectivamente, do quadro 11 do manual.

i) Soma-se a coluna 5 (porcentagem de fadiga) e a coluna 6 (porcentagem de erosão) do Quadro 3; verificar se a espessura estimada cumpre os requisitos solicitados, isto é, nenhuma das somas destas colunas, ultrapassa 100 %.

Se a espessura testada não for suficiente o teste deverá ser repetido com uma espessura maior.

DNIT (2005, p. 98) destaca que:

Se a porcentagem de resistência à fadiga consumida ou a porcentagem de dano por erosão ficarem próximas de zero, as condições estão satisfeitas, mas a placa estará superdimensionada, devendo-se portanto, diminuir a espessura do pavimento, para buscar obter porcentagens o mais perto possível de 100%.

6.2.4. Orçamento

Após o dimensionamento do pavimento em CCP, será calculado o volume de materiais e demais insumos para realização do orçamento de acordo com dimensões do projeto do pavimento em CBUQ. Mantendo-se os valores do pavimento em TSD da LO-13, que estão incluídos no orçamento total do empreendimento.

Está previsto manter a mesma fundação do pavimento implantado devido à complexibilidade de localização de jazidas para realizar novos cálculos dos momentos de transporte.

A precificação será de acordo com o ano do projeto da via, retirados das planilhas orçamentárias e pela relação sintética das composições de custos do DNIT.

6.2.5. Apresentação e Análise de Dados

Após dimensionamento e orçamentação do pavimento rígido, será realizada a comparação sistemática com os dados do pavimento flexível implantado. Para a apresentação dos resultados serão elaboradas planilhas analíticas e gráficos comparativos com as informações mais relevantes para comparação dos custos de implantação da rodovia executada em CBUQ e prevista em CCP.

Será realizada uma análise crítica a partir de base teórica sobre o tema e dos resultados obtidos, com o intuito de expor o impacto global do custo de implantação que o revestimento tem para esta obra específica, bem como indicar a melhor opção de revestimento, visando o melhor custo-benefício para o investimento.

7. DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO DE CONCRETO

O tipo de pavimento adotado será concreto simples, mais comumente utilizado no país. Neste tipo de pavimento os esforços, tanto de compressão quanto os de tração, são resistidos pelo concreto. E as barras de aço, que podem ser empregadas com a função de transferir esforços entre placas, não são consideradas armadura, por tanto não descaracterizam o pavimento de concreto simples. (Oliveira, 2000, p. 5)

7.1. Definição dos parâmetros de dimensionamento

- Tipo de acostamento e adoção ou não de barras de transferência:

Não será adotado acostamento, pois seguiremos o projeto geométrico do pavimento em CBUQ que não tem acostamento (3 faixas).

Será adotada barras de transferência, pois os pavimentos de concreto sem barras de transferência ficam restritos a vias de baixo volume de tráfego e cargas de pequena intensidade. (Oliveira, 2000, p. 6)

De acordo com BALBO (2009, p.176), as barras de transferência nas juntas longitudinais se dão somente no caso de tráfego não direcional, aleatório ou com direções diagonais de cargas em movimento sobre as placas de concreto. Como o tráfego da NS-15 é direcional se dispensará as barras de transferência nas juntas longitudinais, usando-as apenas nas juntas transversais.

- Resistência a tração na flexão aos 28 dias: 4,5 MPa (DNIT, 2005, p. 61)
- Resistência característica a compressão do concreto: 30 MPa;
- Coeficiente de recalque: 60 MPa/m sendo de acordo com a Figura 26:

CBR subleito = 11% (EHL, 2014, v1, p. 103)

Espessura da sub-base (granular) = 15 cm (EHL, 2014, v1, p. 106)

Figura 26 - Aumento de k Devido à presença de sub-base granular

Valor de suporte do subleito		Coeficiente de recalque no topo do sistema (MPa/m), para espessuras de sub-base iguais a (cm)			
CBR(%)	k(MPa/m)	10	15	20	30
2	16	19	22	27	33
3	24	27	31	37	45
4	30	34	38	44	54
5	34	38	42	49	59
6	38	42	46	53	65
7	41	45	50	56	69
8	44	48	53	60	72
9	47	52	56	63	76
10	49	54	58	65	79
11	51	56	60	67	81
12	53	58	62	69	84
13	54	59	63	70	85
14	56	61	65	72	87
15	57	62	66	73	88
16	59	64	68	75	91
17	60	65	69	76	92
18	61	66	70	77	93
19	62	67	71	78	94
20	63	68	72	79	96

Fonte: HENRIQUE (2018 p.1)

- FSC: 1,1 - estradas e vias com moderada frequência de caminhões (Tabela 3)
- Tráfego esperado para cada nível de carga e de acordo com a vida de projeto do pavimento.

As cargas por eixo foram tiradas do estudo de tráfego feito para execução do pavimento em CBUQ, encontradas no cálculo do fator de equivalência para pavimentos flexíveis. (Figura 27)

Figura 27 - Estudo de trafego realizado para projeto do pavimento em CBUQ

ET.08 - Fator de Equivalência das Operações Ponderado - Lei da Balança com Sobrecarga (máximo 5% do PBT) - MÉTODO DO USACE																							
Veic.	Condição de Carga	Nº Eixos (1)	VMD (2)	EIXOS							MÉTODO USACE												
				ESRS (3)	Carga (4)	FC (5)	EQ.OP. (6)	ESRD (7)	Carga (8)	FC (9)	EQ.OP. (10)	ETD (11)	Carga (12)	FC (13)	EQ.OP. (14)	ETT (15)	Carga (16)	FC (17)	EQ.OP. (18)	FEI (19)	FVI (20)	PI (%) (21)	FVI x PI (22)
2CB	Vazio	2	148	1	3,10	0,0196	0,9788	1	5,00	0,1336	6,6799								0,0766	2	0,1532	9,7113	0,0149
2CB	Carregado	2	592	1	6,30	0,3381	16,9047	1	10,50	4,4632	223,1606								2,4007	2	4,8013	38,8451	1,8651
3CB	Vazio	2	0	1	3,10	0,0196	0,9788												0,0517	2	0,1093	0,0000	0,0000
3CB	Carregado	2	0	1	6,30	0,3381	16,9047												1,7468	2	3,4937	0,0000	0,0000
2C	Vazio	2	53	1	3,10	0,0196	0,9788	1	4,50	0,0875	4,3746								0,0636	2	0,1071	3,4777	0,0037
2C	Carregado	2	210	1	6,30	0,3381	16,9047	1	10,50	4,4632	223,1606								2,4007	2	4,8013	13,7795	0,6616
3C	Vazio	2	85	1	3,10	0,0196	0,9788												0,0517	2	0,1093	5,5774	0,0061
3C	Carregado	2	339	1	6,30	0,3381	16,9047												5,7547	2	11,5095	22,2441	2,5602
2S1	Vazio	3	4	1	3,10	0,0196	0,6525	2	4,50	0,0875	5,8328								0,0649	3	0,1946	0,2625	0,0005
2S1	Carregado	3	16	1	6,30	0,3381	11,2698	2	10,50	4,4632	297,5475								3,0882	3	9,2645	1,0499	0,0973
2S2	Vazio	3	3	1	3,10	0,0196	0,6525	1	4,50	0,0875	2,9164								0,0656	3	0,1968	0,1969	0,0004
2S2	Carregado	3	12	1	6,30	0,3381	11,2698	1	10,50	4,4632	148,7738								5,3242	3	15,9727	0,7874	0,1258
2S3	Vazio	3	3	1	3,10	0,0196	0,6525	1	4,50	0,0875	2,9164												0,0003
2S3	Carregado	3	12	1	6,30	0,3381	11,2698	1	10,50	4,4632	148,7738								1	7,50	0,0693	2,3102	0,0588
3S2	Vazio	3	3	1	3,10	0,0196	0,6525												0,0664	3	0,1991	0,1969	0,0004
3S2	Carregado	3	12	1	6,30	0,3381	11,2698												7,5603	3	22,6809	0,7874	0,1786
3S3	Vazio	3	3	1	3,10	0,0196	0,6525																0,0004
3S3	Carregado	3	12	1	6,30	0,3381	11,2698												1	7,50	0,0693	2,3102	0,0596
2C2	Vazio	4	3	1	3,10	0,0196	0,4894	3	4,50	0,0875	6,5619								0,0705	4	0,2821	0,1969	0,0006
2C2	Carregado	4	14	1	6,30	0,3381	8,4524	3	10,50	4,4632	334,7410								3,4319	4	13,7277	0,9186	0,1261
2C3	Vazio	4	0	1	3,10	0,0196	0,4894	2	4,50	0,0875	4,3746								0,0711	4	0,2843	0,0000	0,0000
2C3	Carregado	4	0	1	6,30	0,3381	8,4524	2	10,50	4,4632	223,1606								5,1090	4	20,4359	0,0000	0,0000
3C2	Vazio	4	0	1	3,10	0,0196	0,4894	2	4,50	0,0875	4,3746								0,0711	4	0,2843	0,0000	0,0000
3C2	Carregado	4	0	1	6,30	0,3381	8,4524	2	10,50	4,4632	223,1606								5,1090	4	20,4359	0,0000	0,0000
3C3	Vazio	4	0	1	3,10	0,0196	0,4894	1	4,50	0,0875	2,1873								0,0717	4	0,2866	0,0000	0,0000
3C3	Carregado	4	0	1	6,30	0,3381	8,4524	1	10,50	4,4632	111,5803								6,7860	4	27,1441	0,0000	0,0000
3C4	Vazio	4	0	1	3,10	0,0196	0,4894												0,0722	4	0,2889	0,0000	0,0000
3C4	Carregado	4	0	1	6,30	0,3381	8,4524												8,4631	4	33,8523	0,0000	0,0000
3Q4	Vazio	6	1	1	3,10	0,0196	0,3263	4	4,50	0,0875	5,8328								0,0766	6	0,4593	0,0000	0,0000
3Q4	Carregado	6	1	1	6,30	0,3381	5,6349	4	10,50	4,4632	297,5475								4,8937	6	29,3623	0,0000	0,0000
3T6	Vazio	5	0	1	3,10	0,0196	0,3915												0,0757	5	0,3787	0,0000	0,0000
3T6	Carregado	5	0	1	6,30	0,3381	6,7619												9,0047	5	45,0237	0,0000	0,0000
Totais				Σ																USACE		FV: 5,9625	
Notas:																							
(1) - Número Total de Eixos do Veículo																							
(2) - Volume Médio Diário considerando 20% trafegando Vazio e 80% trafegando Carregado.																							
(3) - ESRS: Eixo Simples de Rodagem Simples																							
(4) - Carga do Eixo extraído da Tabela ET-05																							
(5) - Fator de Equivalência de Carga pelo Método do USACE calculado a partir da Tabela ET-06																							
(6) - Equivalência de Operações = Freqüência Relativa multiplicado pelo Fator de Carga ou Eq Op = [(3)/(11)] * 100 * (5)																							
(7) - ESRD: Eixo Simples de Rodagem Dupla																							
(8) - Carga do Eixo extraído da Tabela ET-05																							
(9) - Fator de Equivalência de Carga pelo Método do USACE calculado a partir da Tabela ET-06																							
(10) - Equivalência de Operações = Freqüência Relativa multiplicado pelo Fator de Carga ou Eq Op = [(17)/(11)] * 100 * (9)																							
(11) - ETD: Eixo Tandem Duplo																							
(12) - Carga do Eixo extraído da Tabela ET-05																							
(13) - Fator de Equivalência de Carga pelo Método do USACE calculado a partir da Tabela ET-06																							
(14) - Equivalência de Operações = Freqüência Relativa multiplicado pelo Fator de Carga ou Eq Op = [(11)/(11)] * 100 * (13)																							

Fonte: EHL (2014, v1, p. 60)

7.2. Cálculo da espessura do pavimento

Para facilitar os cálculos reproduziu-se o quadro 11 do manual do DNIT em tabela de cálculo (Figura 28). Dentre as espessuras testadas a que mantém o consumo de fadiga e de erosão abaixo de 100% foi a de 20 cm.

Figura 28 - Cálculo da espessura do pavimento em CCP

Projeto: NS 15							
Espessura Tentativa:	20	cm			Tipo da sub-base	solo granular	
Ksub-base:	60	Mpa/m			CBR do subleito (%)	11	
Resistência característica à tração na flexão:	4,5	Mpa			Espessura da sub-base (cm)	15	
Período de Projeto:	20	Anos					
Juntas com BT:	Sim	Não					
	x				Pois o trafego é pesado		
Acostamento de concreto:	Sim	Não					
		x			Pois seguiu-se o mesmo traçado do projeto em CBUQ		
Fator de Segurança de cargas FCS:	1,1				Vias com moderada frequência de caminhões		

Cargas por eixo (tf)	Cargas por eixo x FSC (tf)	Nº de repetições previstas	ANÁLISE DE FADIGA		ANÁLISE DE EROSIÃO	
			Nº de repetições admissíveis	Consumo de fadiga (%)	Nº de repetições admissíveis	Danos por erosão (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)

EIXO SIMPLES	(8) Tensão Equivalente:	1,72	(9) Fator de Fadiga:	0,38	(10) Fator de Erosão:	2,83
---------------------	-------------------------	------	----------------------	------	-----------------------	------

1	3,10	3,41	2438017,50	Ilimitado	-	Ilimitado	-
2	4,50	4,95	527571,00	Ilimitado	-	Ilimitado	-
3	5,00	5,50	1183038,00	Ilimitado	-	Ilimitado	-
4	6,30	6,93	9744076,50	Ilimitado	-	Ilimitado	-
5	10,50	11,55	6842436,00	200000	34,2	2000000	3,4

EIXOS TANDEM DUPLOS	(11) Tensão Equivalente:	1,46	(12) Fator de Fadiga:	0,32	(13) Fator de Erosão:	2,95
----------------------------	--------------------------	------	-----------------------	------	-----------------------	------

6	6,20	6,82	751389,00	Ilimitado	-	Ilimitado	-
7	17,85	19,64	2997562,50	Ilimitado	-	2400000	1,2

EIXOS TANDEM TRIPLOS	(14) Tensão Equivalente:	1,07	(15) Fator de Fadiga:	0,24	(16) Fator de Erosão:	3,03
-----------------------------	--------------------------	------	-----------------------	------	-----------------------	------

8	7,50	2,75	47961,00	Ilimitado	-	Ilimitado	-
9	26,78	9,82	191844,00	Ilimitado	-	1500000	0,1
TOTAL (%)				34,21	TOTAL (%)	4,80	

Fonte: Elaborada pela autora

Embora as porcentagens permaneceram baixas, a espessura anterior de 19 cm ultrapassou o consumo permitido de fadiga.

Os valores utilizados foram retirados dos seguintes quadros do manual (Tabela 4 – Quadro 12, Tabela 5 – Quadro 13, Tabela 6 – Quadro 20 e Tabela 7 – Quadro 21):

Tabela 4 – (Quadro 12) Tensão equivalente dos Eixos Simples e Tandem Duplo (pavimento sem acostamento de concreto)

Espessura da Placa (cm)	k - Coeficiente de recalque (MPa/m)													
	20		40		60		80		100		150		180	
	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD
12	4,30	3,56	3,78	3,01	3,51	2,81	3,31	2,68	3,17	2,57	2,91	2,43	2,74	2,35
13	3,84	2,33	3,38	2,73	3,14	2,53	2,97	2,40	2,84	2,30	2,61	2,16	2,46	2,08
14	3,46	2,96	3,05	2,49	2,83	2,29	2,68	2,16	2,56	2,08	2,37	1,94	2,23	1,85
15	3,14	2,72	2,27	2,29	2,57	2,09	2,44	1,97	2,33	1,88	2,16	1,75	2,04	1,67
16	2,87	2,52	2,53	2,12	2,35	1,93	2,23	1,81	2,13	1,73	1,97	1,60	1,87	1,52
17	2,63	2,35	2,33	1,97	2,16	1,79	2,05	1,67	1,96	1,60	1,81	1,47	1,72	1,39
18	2,43	2,20	2,15	1,84	1,99	1,66	1,89	1,55	1,81	1,48	1,68	1,36	1,59	1,28
19	2,25	2,07	1,99	1,72	1,85	1,56	1,75	1,45	1,68	1,38	1,56	1,26	1,48	1,19
20	2,10	1,95	1,85	1,62	1,72	1,46	1,64	1,36	1,56	1,29	1,45	1,18	1,38	1,11
21	1,96	1,85	1,73	1,53	1,61	1,38	1,52	1,29	1,46	1,22	1,36	1,11	1,28	1,04
22	1,83	1,75	1,62	1,45	1,50	1,31	1,42	1,22	1,37	1,15	1,28	1,05	1,20	0,98
23	1,72	1,67	1,52	1,38	1,41	1,24	1,33	1,15	1,28	1,09	1,20	0,99	1,13	0,92
24	1,62	1,59	1,43	1,31	1,33	1,18	1,25	1,10	1,21	1,04	1,13	0,94	1,07	0,88
25	1,53	1,52	1,35	1,25	1,26	1,12	1,19	1,05	1,14	0,99	1,07	0,89	1,01	0,83
26	1,45	1,45	1,28	1,20	1,19	1,07	1,13	1,00	1,08	0,94	1,01	0,85	0,95	0,80
27	1,83	1,39	1,21	1,15	1,13	1,03	1,07	0,95	1,03	0,90	0,95	0,81	0,90	0,76
28	1,31	1,34	1,15	1,10	1,07	0,99	1,02	0,91	0,98	0,86	0,90	0,78	0,86	0,73
29	1,25	1,29	1,10	1,06	1,02	0,95	0,97	0,88	0,93	0,83	0,86	0,75	0,82	0,69
30	1,19	1,24	1,05	1,02	0,97	0,91	0,92	0,85	0,89	0,80	0,82	0,72	0,78	0,66
31	1,13	1,20	1,00	0,99	0,93	0,88	0,88	0,81	0,84	0,77	0,78	0,69	0,74	0,64
32	1,09	1,16	0,96	0,95	0,89	0,85	0,84	0,78	0,80	0,74	0,75	0,67	0,71	0,62
33	1,04	1,12	0,92	0,92	0,85	0,82	0,80	0,76	0,77	0,71	0,72	0,64	0,68	0,60
34	1,00	1,08	0,88	0,89	0,81	0,79	0,77	0,73	0,73	0,69	0,69	0,62	0,66	0,58

ES: Eixos Simples

ETD: Eixos Tandem Duplos

Fonte: Adaptado de DNIT (2005, p. 101)

Tabela 5 - (Quadro 13) Tensão equivalente dos Eixos Tandem Triplos (pavimento sem acostamento de concreto)

Espessura da Placa (cm)	k - Coeficiente de recalque (MPa/m)					
	20	40	60	80	140	180
	ETT	ETT	ETT	ETT	ETT	ETT
12	2,60	2,30	2,20	2,14	2,08	2,07
13	2,35	2,04	1,93	1,87	1,80	1,78
14	2,15	1,83	1,72	1,65	1,58	1,55
15	1,99	1,67	1,55	1,48	1,40	1,37
16	1,85	1,54	1,41	1,34	1,25	1,23
17	1,73	1,43	1,30	1,23	1,14	1,11
18	1,62	1,34	1,21	1,14	1,04	1,01
19	1,53	1,26	1,13	1,06	0,96	0,92
20	1,45	1,19	1,07	0,99	0,89	0,85
21	1,37	1,13	1,01	0,93	0,83	0,79
22	1,30	1,07	0,95	0,88	0,78	0,74
23	1,24	1,02	0,91	0,84	0,73	0,70
24	1,18	0,97	0,87	0,80	0,69	0,66
25	1,13	0,93	0,83	0,76	0,66	0,62
26	1,07	0,89	0,79	0,73	0,63	0,59
27	1,02	0,86	0,76	0,70	0,60	0,57
28	0,98	0,82	0,73	0,67	0,58	0,54
29	0,93	0,79	0,71	0,65	0,55	0,52
30	0,89	0,76	0,68	0,63	0,53	0,50
31	0,85	0,73	0,66	0,60	0,51	0,48
32	0,81	0,70	0,63	0,58	0,50	0,46
33	0,77	0,68	0,61	0,56	0,48	0,45
34	0,73	0,65	0,59	0,55	0,46	0,43

ETT: Eixos Tandem Triplos

Fonte: Adaptado de DNIT (2005, p. 102)

Tabela 6 - (Quadro 20) Fator de erosão Eixos Simples e Tandem Duplo (junta com barras de transferência, pavimento sem acostamento de concreto)

Espessura da Placa (cm)	k - Coeficiente de recalque (MPa/m)													
	20		40		60		80		100		150		200	
	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD	ES	ETD
12	3,51	3,61	3,50	3,57	3,49	3,54	3,48	3,52	3,48	3,51	3,47	3,49	3,45	3,47
13	3,41	3,53	3,39	3,48	3,39	3,45	3,38	3,43	3,38	3,41	3,37	3,39	3,35	3,37
14	3,32	3,45	3,30	3,39	3,29	3,36	3,28	3,34	3,28	3,33	3,27	3,30	3,25	3,28
15	3,23	3,45	3,21	3,31	3,20	3,28	3,19	3,26	3,19	3,24	3,18	3,22	3,16	3,20
16	3,15	3,37	3,12	3,24	3,12	3,21	3,10	3,18	3,10	3,17	3,09	3,14	3,08	3,12
17	3,07	3,30	3,05	3,17	3,04	3,14	3,02	3,11	3,02	3,10	3,01	3,07	3,00	3,04
18	2,99	3,24	2,97	3,11	2,96	3,07	2,95	3,05	2,94	3,03	2,93	3,00	2,92	2,97
19	2,93	3,18	2,90	3,05	2,89	3,01	2,88	2,98	2,87	2,97	2,86	2,93	2,85	2,91
20	2,86	3,12	2,83	3,00	2,83	2,95	2,81	2,92	2,80	2,91	2,79	2,87	2,79	2,84
21	2,80	3,06	2,77	2,93	2,76	2,89	2,74	2,86	2,74	2,85	2,73	2,81	2,72	2,78
22	2,74	3,01	2,71	2,88	2,70	2,84	2,68	2,81	2,68	2,80	2,67	2,76	2,66	2,73
23	2,68	2,96	2,65	2,83	2,64	2,79	2,62	2,76	2,62	2,74	2,61	2,70	2,59	2,67
24	2,63	2,91	2,60	2,78	2,59	2,74	2,57	2,71	2,56	2,69	2,55	2,65	2,54	2,62
25	2,58	2,87	2,54	2,74	2,54	2,69	2,52	2,67	2,51	2,65	2,50	2,60	2,49	2,57
26	2,53	2,83	2,50	2,70	2,49	2,65	2,47	2,62	2,46	2,61	2,45	2,56	2,44	2,53
27	2,48	2,79	2,45	2,66	2,44	2,61	2,42	2,58	2,41	2,57	2,40	2,52	2,39	2,49
28	2,43	2,75	2,40	2,63	2,39	2,57	2,37	2,54	2,37	2,53	2,35	2,48	2,34	2,45
29	2,39	2,72	2,36	2,59	2,35	2,54	2,33	2,51	2,32	2,49	2,31	2,44	2,30	2,41
30	2,43	2,69	2,31	2,56	2,30	2,50	2,28	2,47	2,28	2,45	2,26	2,41	2,25	2,37
31	2,30	2,65	2,27	2,52	2,26	2,47	2,24	2,43	2,24	2,43	2,22	2,37	2,21	2,34
32	2,26	2,62	2,23	2,49	2,22	2,43	2,20	2,40	2,19	2,38	2,18	2,33	2,17	2,30
33	2,22	2,59	2,19	2,46	2,18	2,40	2,16	2,37	2,15	2,35	2,14	2,30	2,13	2,27
34	2,18	2,56	2,15	2,43	2,14	2,37	2,12	2,33	2,12	2,32	2,10	2,27	2,09	2,24

ES: Eixos Simples

ETD: Eixos Tandem Duplos

Fonte: Adaptado de DNIT (2005, p. 109)

Tabela 7 - (Quadro 21) Fator de erosão Eixos Tandem Triplos (junta com barras de transferência, pavimento sem acostamento de concreto)

Espessura da Placa (cm)	k - Coeficiente de recalque (Mpa/m)					
	20	40	60	80	140	180
	ETT	ETT	ETT	ETT	ETT	ETT
12	3,68	3,60	3,56	3,52	3,45	3,40
13	3,60	3,51	3,47	3,44	3,37	3,33
14	3,53	3,43	3,39	3,36	3,29	3,26
15	3,47	3,36	3,31	3,28	3,22	3,19
16	3,41	3,30	3,25	3,21	3,15	3,12
17	3,35	3,24	3,19	3,15	3,08	3,05
18	3,30	3,19	3,13	3,09	3,02	2,99
19	3,25	3,14	3,08	3,04	2,96	2,93
20	3,21	3,09	3,03	2,99	2,91	2,88
21	3,16	3,05	2,99	2,94	2,86	2,83
22	3,12	3,01	2,94	2,90	2,82	2,78
23	3,08	2,97	2,90	2,86	2,77	2,74
24	3,05	2,93	2,86	2,82	2,73	2,69
25	3,01	2,89	2,83	2,78	2,69	2,65
26	2,98	2,86	2,79	2,74	2,66	2,62
27	2,94	2,82	2,76	2,71	2,66	2,58
28	2,91	2,79	2,72	2,68	2,59	2,55
29	2,88	2,76	2,69	2,65	2,55	2,51
30	2,85	2,73	2,66	2,62	2,52	2,48
31	2,82	2,70	2,63	2,59	2,49	2,45
32	2,80	2,68	2,61	2,56	2,46	2,42
33	2,77	2,65	2,58	2,53	2,44	2,40
34	2,74	2,62	2,55	2,50	2,41	2,37

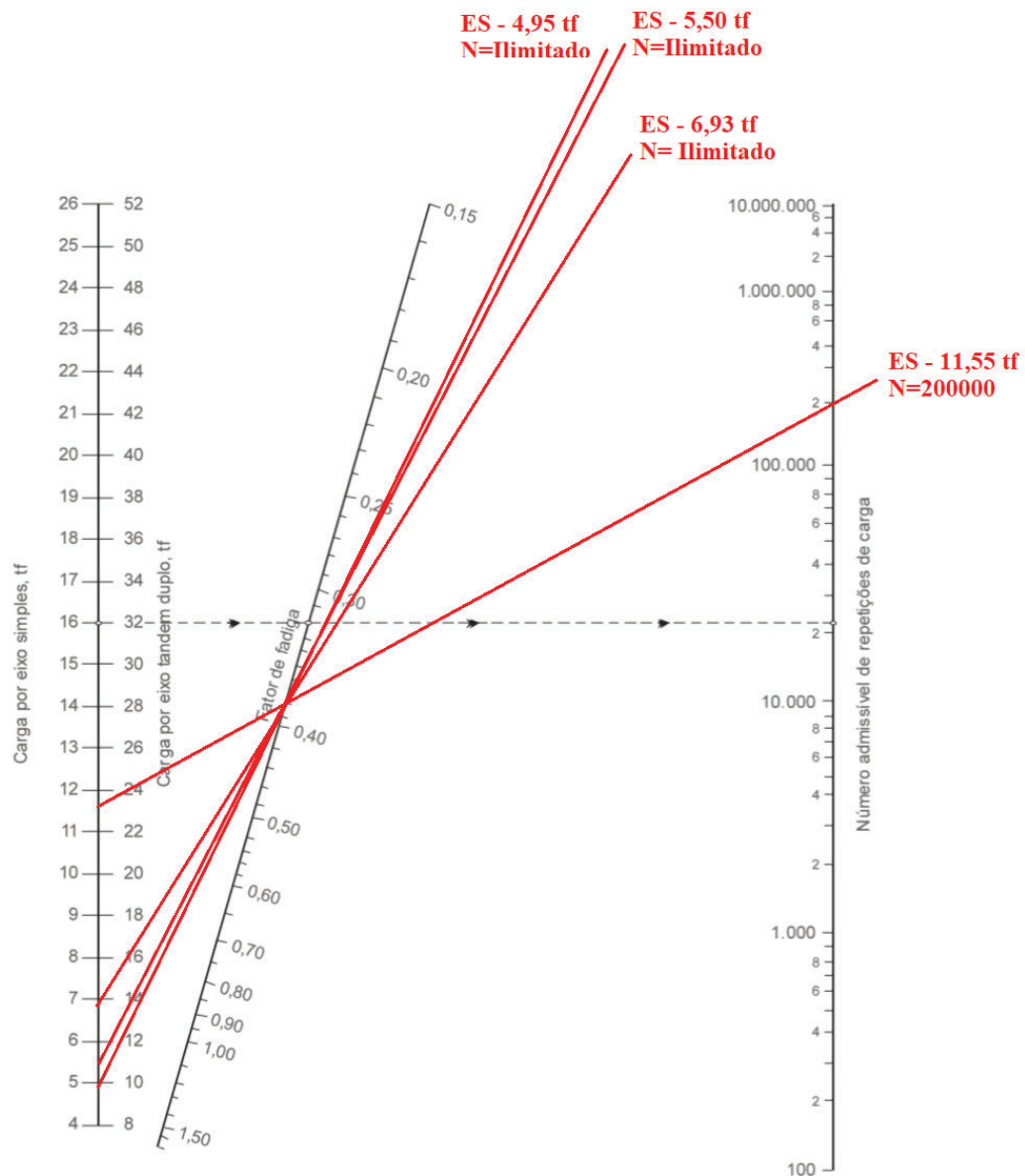
ETT: Eixos Tandem Triplos

Fonte: Adaptado de DNIT (2005, p. 110)

7.2.1. Análise de Fadiga

A seguir o número admissível de repetições de cada carga pela análise de fadiga (Figuras 29 e 30):

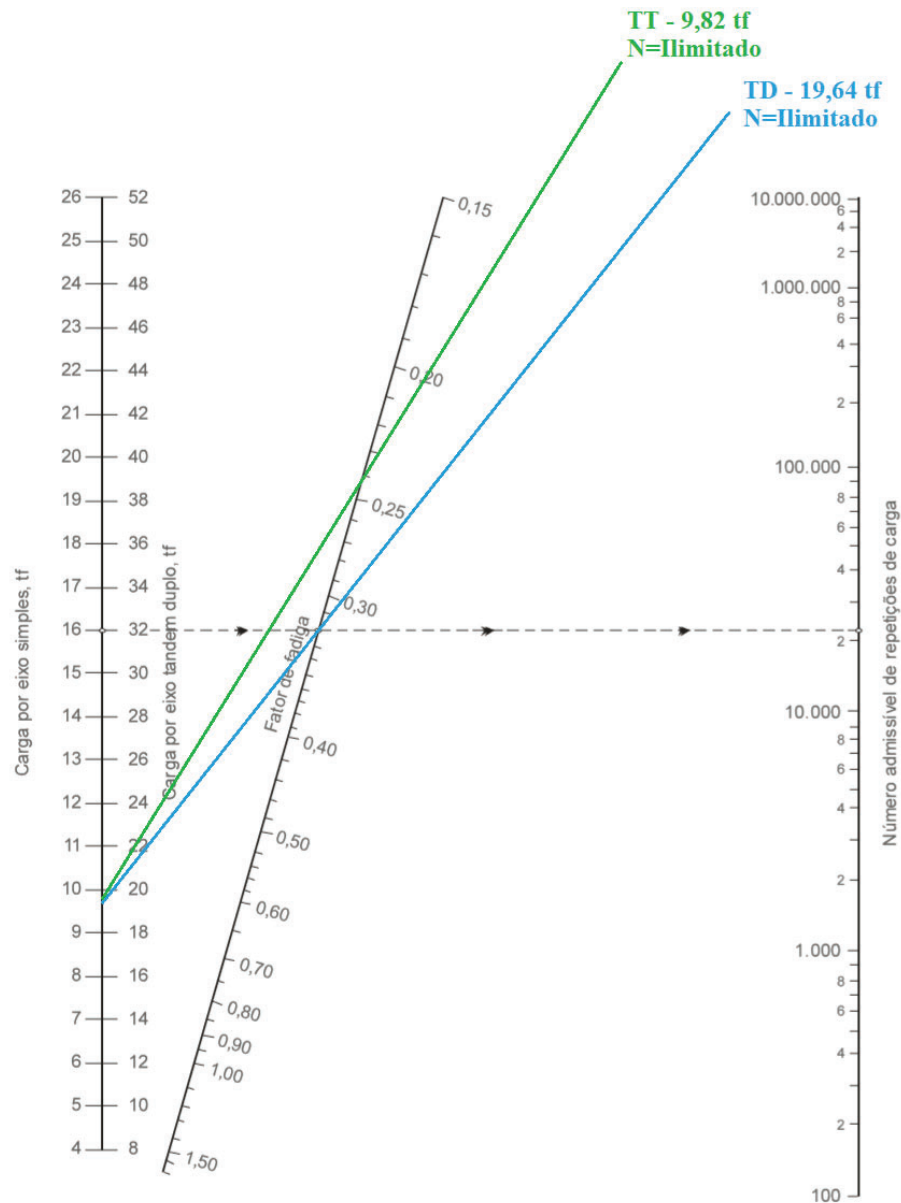
Figura 29 - Análise de fadiga Eixos Simples (ES)



Fonte: Adaptado de DNIT (2005, p. 113)

OBS: O valor 3,41tf não está representado, porém como o valor de 6,93tf teve o número admissível de repetições de carga ilimitado, todos abaixo deste também serão ilimitados.

Figura 30 - Análise de fadiga Eixos Tandem Duplo (TD) e Eixos Tandem Triplos (TT)



Fonte: Adaptado de DNIT (2005, p. 113)

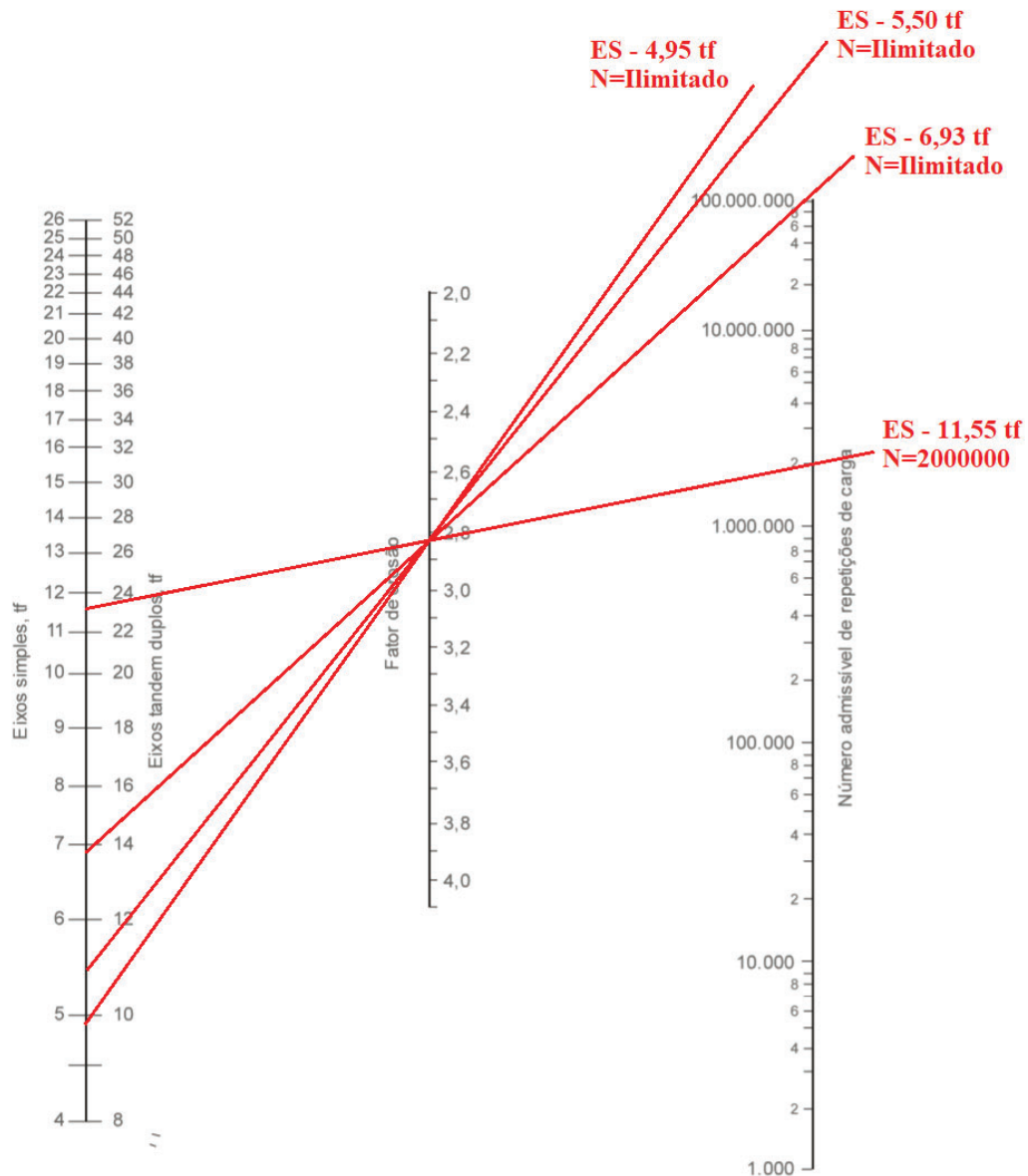
OBS: O valor 6,82tf não está representado, porém como o valor de 19,64tf teve o número admissível de repetições de carga ilimitado, logo todos abaixo deste também serão ilimitados.

OBS: O valor 2,75tf não está representado, porém como o valor de 9,82tf teve o número admissível de repetições de carga ilimitado, logo todos abaixo deste também serão ilimitados.

7.2.2. Análise de Erosão

A seguir o número admissível de repetições de cada carga pela análise de erosão (Figuras 31 e 32):

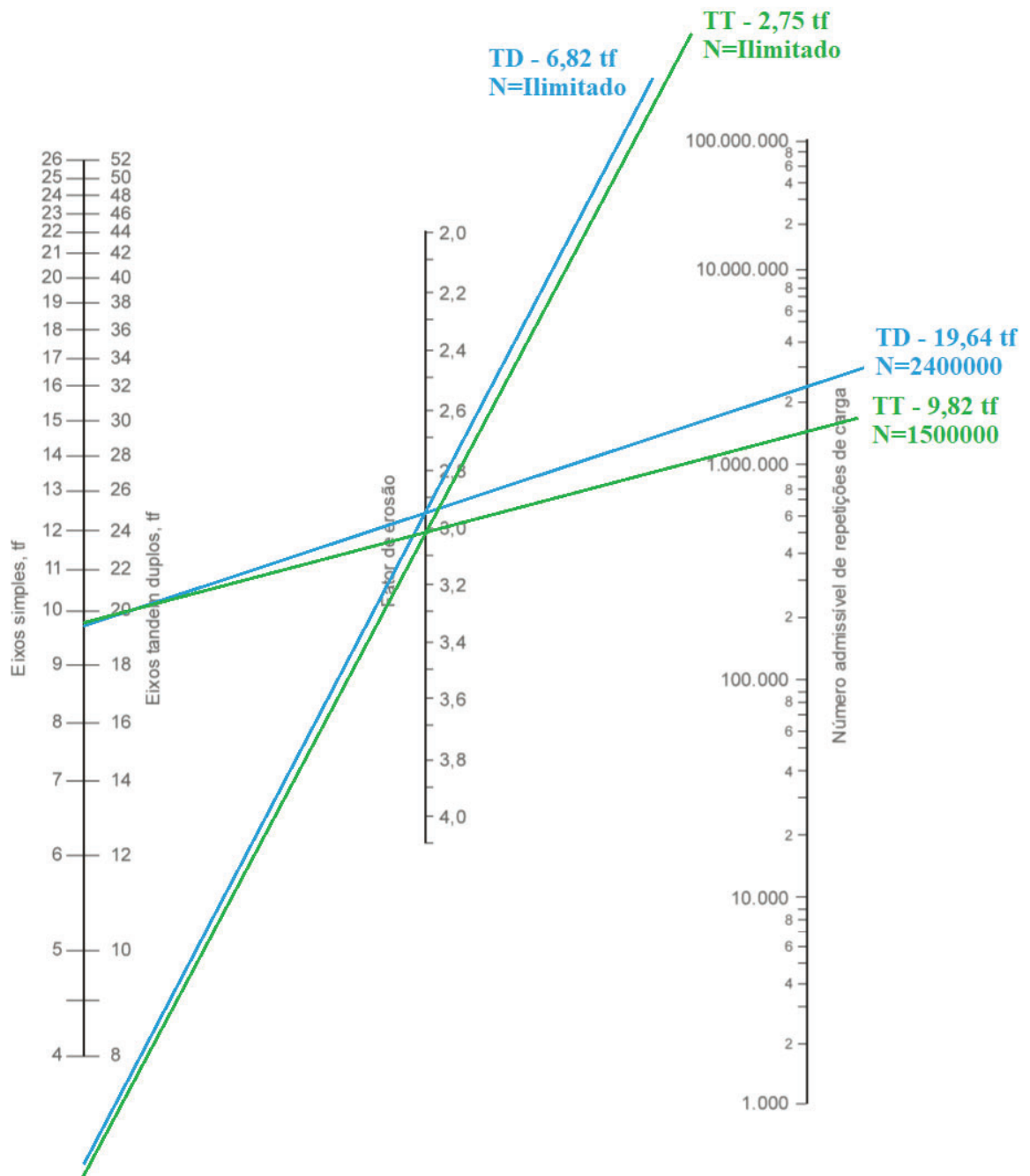
Figura 31 - Análise de erosão Eixos Simples (ES)



Fonte: Adaptado de DNIT (2005, p. 114)

OBS: O valor 3,41tf não está representado, porém como o valor de 6,93tf teve o número admissível de repetições de carga ilimitado, todos abaixo deste também serão ilimitados.

Figura 32 - Análise de erosão Eixos Tandem Duplo (TD) e Eixos Tandem Triplos (TT)



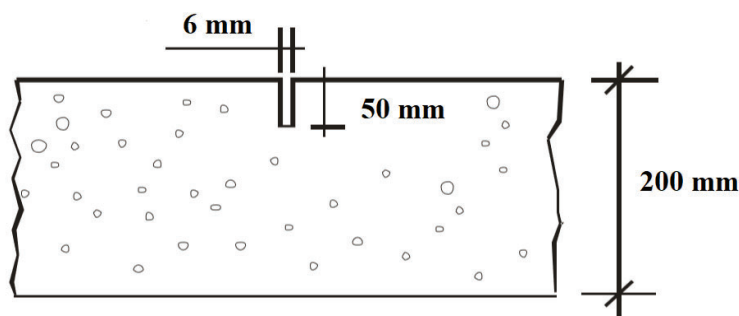
Fonte: Adaptado de DNIT (2005, p. 114)

Segundo SENÇO (2003, p. 729): “Os Eixos Tandem Triplos são considerados como três Eixos Simples, cada um com um terço da carga total para a determinação das Repetições Admissíveis”. Logo dividiremos tais cargas majoradas por três no cálculo dos Eixos Tandem Triplos.

7.3. Dimensionamento das juntas transversais

Será adotada juntas transversais de retração com barras de transferência (Figura 33). Sendo a junta por seção enfraquecida, através de serragem após endurecimento inicial do concreto. Com profundidade de 50 mm (1/4 da espessura da placa), e abertura de 6 mm (valor muito usual segundo DNIT, 2005, p.154).

Figura 33 – Junta transversal de retração serrada



Fonte: Adaptado de DNIT (2005, p. 154)

O espaçamento entre as juntas será de 6 m, pois segundo DNIT (2005, p.155), “a experiência brasileira tem demonstrado que uma distância máxima de 6 m entre as juntas transversais é perfeitamente adequada às nossas condições gerais.”

Sendo 20 cm a espessura do pavimento adotada, o diâmetro das barras de transferência será de 25 mm, com comprimento de 460 mm e espaçamento de 300 mm (sendo 150 mm nas bordas - Figura 34), de acordo com o Quadro 33 do manual (Tabela 8):

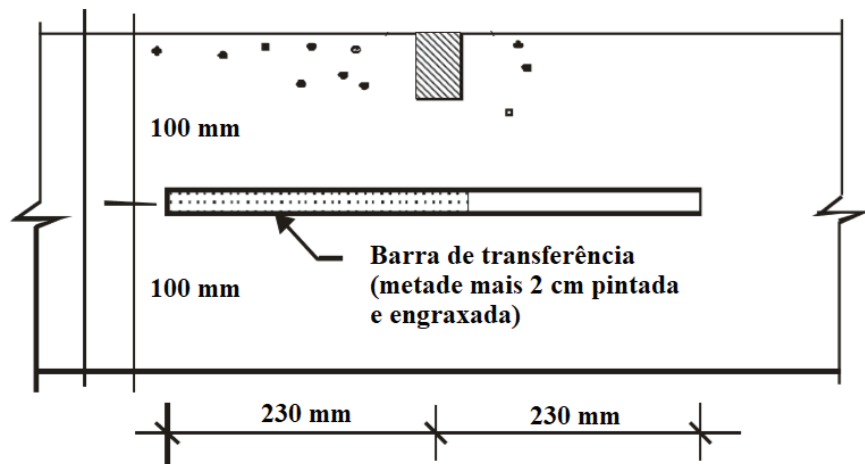
Tabela 8 - Bitola, comprimento e espaçamento de barras de transferência (Barras lisas - Aço CA-25)

Espessura da Placa (cm)	Bitola ($\varnothing$)	Comprimento (mm)	Espaçamento (mm)
Até 17,0	20	460	300
17,5 – 22,0	25	460	300
22,5 – 30,0	32	460	300
> 30,0	40	460	300

Fonte: DNIT (2005, p. 157)

“Deve-se observar que as barras têm uma das metades pintada e engraxada, de forma a serem infensas à oxidação e à aderência com o concreto em um dos lados da junta, permitindo a livre movimentação da junta quando da contração ou expansão da placa.” (DNIT, 2005, p. 157)

Figura 34 – Junta transversal de retração com barras de transferência



Fonte: Adaptado de DNIT (2005, p. 157)

7.4. Dimensionamento das juntas longitudinais

Serão adotadas juntas longitudinais de articulação com barras de ligação. Sendo a junta por seção enfraquecida com as mesmas características das juntas transversais, exceto as barras.

Segundo DNIT (2005, p. 160), a fórmula usada para dimensionamento das barras longitudinais é:

$$A_s = \frac{b \times f \times \gamma_c \times h}{100 S}$$

Onde:

A_s = seção de barras de aço necessária, por metro de comprimento da junta considerada, em cm^2/m ;

b = distância entre a junta considerada e a junta ou borda livre mais próxima dela, em m;

F = coeficiente de atrito entre a placa e o subleito ou sub-base, que pode variar de 1,5 a 2,0 , sendo geralmente tomado como 1,5;

γ_c = massa específica do concreto, igual a 24000 N/m²;

h = espessura de placa, em m;

S = tensão admissível no aço, em geral 2/3 da tensão do escoamento, em MPa.

O comprimento da barra de ligação, necessário para assegurar a sua aderência ao concreto, considerando uma tensão máxima de aderência aço-concreto de 2,5 MPa, é dado pela expressão:

$$l = \frac{S \times d}{t_b} + 7,5$$

Onde:

l = comprimento de uma barra de ligação, em cm;

d = diâmetro da barra de ligação, em cm;

t_b = tensão de aderência entre o aço e o concreto, em geral tomada igual a 2,45 MPa;

7,5 = margem de segurança, prevendo-se uma possível descentralização da barra, em cm.

Feitos os cálculos, a seção de barras de aço necessária encontrada foi de 1,512 cm², onde o diâmetro adotado será de 16 mm ($A_s = 2,01$ cm²) a cada metro da junta, considerando aço CA-25 e os seguintes valores na fórmula:

$b = 3,5$ m;

$f = 1,5$;

$\gamma_c = 24000$ N/m²;

$h = 0,2$ m;

$$S = 166,67 \text{ Mpa.}$$

E o comprimento de uma barra de ligação será de 116 cm, considerando aço CA-25 e os seguintes valores na fórmula:

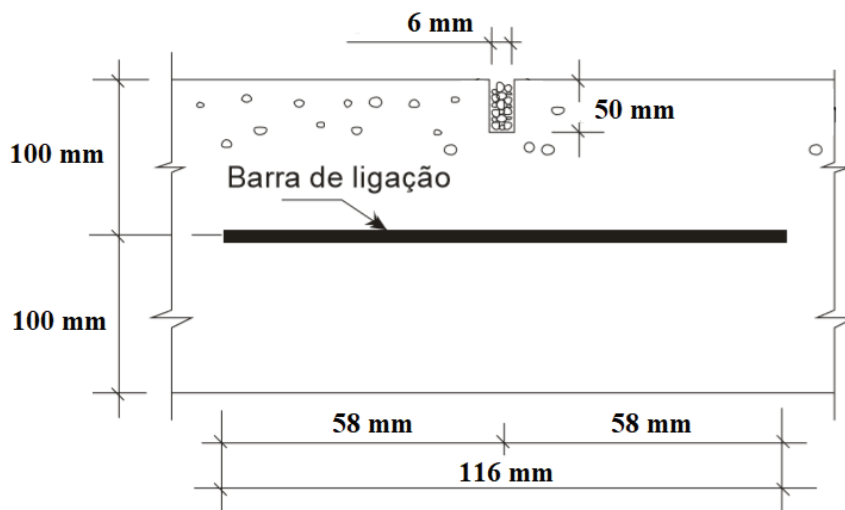
$$S = 166,67 \text{ Mpa;}$$

$$d = 1,6 \text{ cm;}$$

$$t_b = 2,45 \text{ Mpa.}$$

A Figura 35 demonstra o detalhamento da junta longitudinal:

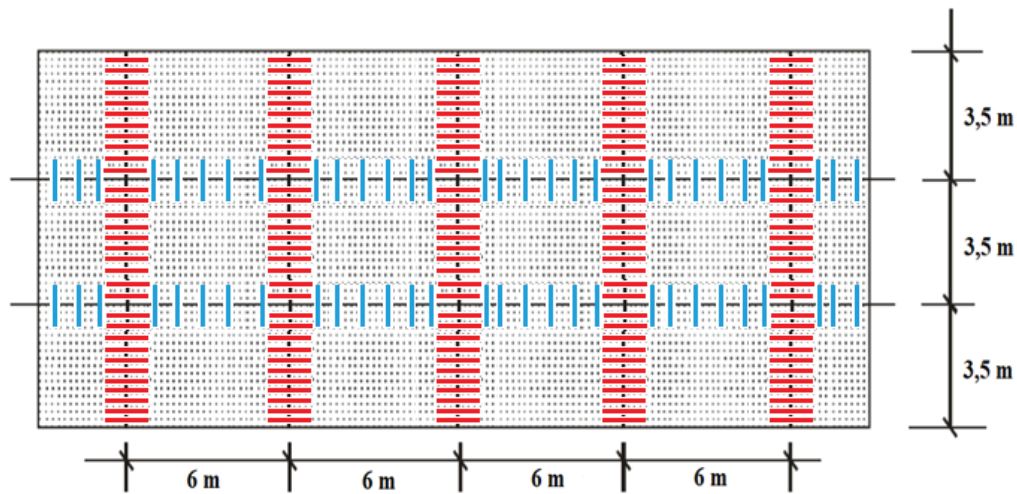
Figura 35 – Junta longitudinal de articulação com barras de ligação e seção enfraquecida



Fonte: Adaptado de DNIT (2005, p. 161)

O espaçamento entre as juntas longitudinais será a cada 3,5 m, largura da faixa de rolamento do projeto em CBUQ (Figura 36).

Figura 36 – Largura e comprimento das placas do pavimento em CCP e posicionamento das barras

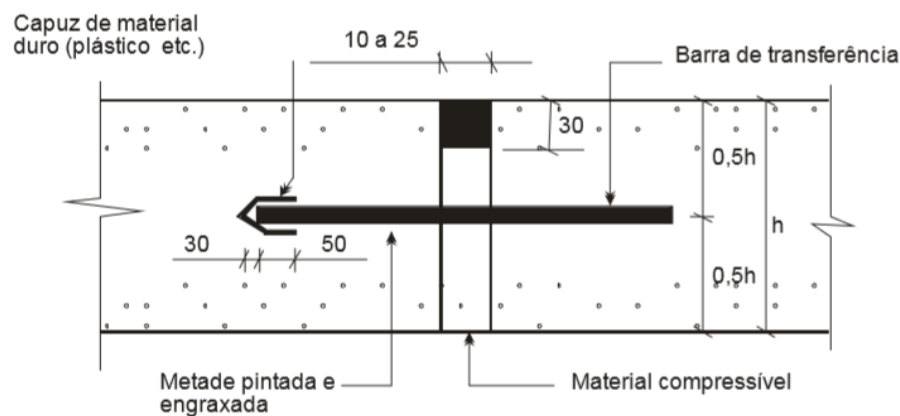


Fonte: Adaptado de DNIT (2005, p. 155)

7.5. Dimensionamento das juntas de expansão

As Juntas de expansão estão localizadas apenas no encontro do pavimento com as pontes. E seguem o mesmo modelo das juntas transversais de retração (Figura 37), com a presença do capuz na barra de transferência colocada antes de pontes, pela necessidade de prover-se um espaço livre para a movimentação da barra quando da dilatação das placas. (DNIT, 2005, p. 164)

Figura 37 – Junta de expansão com barras de transferência



Fonte: DNIT (2005, p. 164)

8. ORÇAMENTO DO PAVIMENTO DE CONCRETO

Neste item apresenta-se o orçamento realizado para o projeto da avenida NS-15 em CBUQ. Em seguida realiza-se o orçamento do pavimento em CCP baseando-se nele, apenas substituindo itens no tópico de pavimentação e terraplanagem.

Para o orçamento do pavimento em CCP, utilizou-se a base de custos SICRO 2 do DNIT, de maio de 2014 (já que abril de 2014, mês do orçamento do pavimento em CBUQ, não estava disponibilizado).

Serão mantidos os valores referentes ao pavimento em TSD da avenida LO-13 que representam 11,27% do pavimento flexível.

Além disso, será mantida a mesma sub-base, porém será eliminada a parcela da base no item Terraplanagem, que representa 57,14% da fundação do pavimento.

8.1. Orçamento para o pavimento em CBUQ

De acordo com o orçamento apresentado pela EHL (Tabela 9), o empreendimento em CBUQ custaria R\$ 101.820.916,16 (Cento e um milhões, oitocentos e vinte mil, novecentos e dezesseis reais e dezesseis centavos).

Observa-se que os serviços de pavimentação representam 22,97% do orçamento total, e os de terraplanagem, representam 17,58%.

A Tabela 10 apresenta a composição dos custos da terraplanagem. E a Tabela 11, a da pavimentação. Os preços referem-se ao mês de ABRIL/2014 (TOCANTINS) e a moeda adotada foi o R\$ (real).

Tabela 9 – Orçamento dos Macro Serviços do Pavimento em CBUQ (Planilha Sintética)

		BDI = 29,97 %
QUADRO RESUMO - READEQUADO		
CÓDIGO	DISCRIMINAÇÃO	VALOR (R\$)
01	SERVIÇOS PRELIMINARES	R\$ 2.724.510,47
02	TERRAPLENAGEM	R\$ 17.895.919,54
03	PAVIMENTAÇÃO	R\$ 23.389.766,55
04	DRENAGEM	R\$ 4.011.241,81
05	OBRAS DE ARTE CORRENTES	R\$ 386.567,09
06	OBRAS COMPLEMENTARES	R\$ 15.420.989,95
07	GALERIAS E DIVERSOS	R\$ 25.400.648,61
08	OAE - RESUMO BUEIROS CELULARES	
	BTCC 3,00 X 3,00 ESTACA 92+00,00	R\$ 960.696,23
09	PONTE 01	R\$ 3.026.511,82
10	PONTE 02	R\$ 3.062.494,31
11	ILUMINAÇÃO	R\$ 5.541.569,78
	TOTAL GERAL	R\$ 101.820.916,16

Fonte: EHL (2014, v4, p. 8)

Tabela 10 – Orçamento do Pavimento em CBUQ – Composição da Terraplanagem

Item	Descrição	Unidade	Físico	PREÇO INICIAL	FINANCEIRO (PI)
			READEQUADO		READEQUADO
2.00.000	TERRAPLENAGEM				
2.01.000	Desmatamento Destoc. E Limpeza				
2.01.001	Desmat. destoc. e limpeza com árvore de diam. até 15 cm	m²	452.633,69	R\$ 0,36	R\$ 162.948,12
2.01.002	Carga Material p/ Bota fora (Desmatamento)	m³	90.526,74	R\$ 1,48	R\$ 133.979,57
2.01.003	Recomp. de Material Bota fora C/ semeadura	m³	90.526,74	R\$ 1,16	R\$ 105.011,01
2.01.004	Transporte Material de Bota Fora DT=20 km	m³.Km	1.810.534,80	R\$ 1,42	R\$ 2.570.959,41
2.02.000	Escavação e Carga de Material				
2.02.001	de 1ª Categoria	m³	493.994,00	R\$ 3,15	R\$ 1.556.081,10
2.02.002	Escavação e Remoção de solo mole	m³	19.080,00	R\$ 15,10	R\$ 288.108,00
2.03.000	Escavação, Carga e Transporte de Material				
2.03.001	de 1ª categoria DT até 200m	m³	40.626,93	R\$ 7,36	R\$ 299.014,20
2.03.002	de 1ª categoria DT entre 201 e 400m	m³	4.940,00	R\$ 8,01	R\$ 39.569,40
2.03.003	de 1ª categoria DT entre 401 e 600m	m³	424,00	R\$ 8,37	R\$ 3.548,88
2.03.004	de 1ª categoria DT entre 601 e 800m	m³	640,00	R\$ 8,78	R\$ 5.619,20
2.04.000	Transporte de Material Escavado				
2.04.001	Em rodovia pavimentada DT=10 km	m³.Km	4.939.940,00	R\$ 1,42	R\$ 7.014.714,80
2.04.002	De solo mole - DT=10,00Km	m³.Km	190.800,00	R\$ 9,29	R\$ 1.772.532,00
2.05.000	Compactação				
2.05.001	A 95% do proctor normal	m³	124.759,60	R\$ 2,62	R\$ 326.870,15
2.05.002	A 100% do proctor normal	m³	291.105,73	R\$ 3,02	R\$ 879.139,30
2.05.003	Acab. e recomp. de emp.e cam. de serv. c/ semeadura	m²	340.000,00	R\$ 1,16	R\$ 394.400,00
2.05.004	Gradeamento de area para semeadura	m²	340.000,00	R\$ 0,05	R\$ 17.000,00
2.05.005	Enrocamento de Pedra arrumada	m³	19.080,00	R\$ 121,93	R\$ 2.326.424,40
	SUB TOTAL				R\$ 17.895.919,54
	TOTAL ITEM				R\$ 17.895.919,54

Fonte: Adaptada de EHL (2014, v4, p. 9)

Tabela 11 – Orçamento do Pavimento em CBUQ – Composição da Pavimentação

Item	Descrição	Unidade	Físico	PREÇO INICIAL	FINANCEIRO (PI)
			READEQUADO		READEQUADO
3.00.000	PAVIMENTAÇÃO				
3.01.000	Regularização e Compactação				
3.01.001	Regularização e compactação do sub-leito	m ²	367.891,36	R\$ 0,80	R\$ 294.313,08
3.01.002	Desmatamento, limpeza e expurgo de jazida	m ²	210.600,00	R\$ 0,45	R\$ 94.770,00
3.01.003	Acab. e recomp. de jazida e cam. de serv. c/ semeadura	m ²	219.420,00	R\$ 1,16	R\$ 254.527,20
3.01.004	Gradeamento de área para semeadura	m ²	219.420,00	R\$ 0,05	R\$ 10.971,00
3.01.005	Escavação e carga de material de jazida c/ indenização	m ³	171.907,92	R\$ 3,99	R\$ 685.912,60
3.02.000	Transporte de Material de Jazida				
3.02.001	Em caminhos de serviço (Dt=18 km)	m ³ .km	3.094.342,64	R\$ 1,42	R\$ 4.393.966,54
3.03.000	Estabilização Granulométrica				
3.03.001	De solo sem mistura (base-sub-base)	m ³	145.460,55	R\$ 11,25	R\$ 1.636.431,18
3.04.000	Capa Asfáltica				
3.04.001	Imprimação	m ²	466.184,68	R\$ 0,27	R\$ 125.869,86
3.04.002	Concreto Betuminoso Usinado a Quente(CBUQ)	T	50.123,14	R\$ 121,65	R\$ 6.097.479,98
3.04.003	Pintura de Ligação	m ²	418.958,90	R\$ 0,18	R\$ 75.412,60
3.04.004	Tratamento Superficial Duplo (TSD)	m ²	47.225,78	R\$ 5,06	R\$ 238.962,44
3.04.005	Banho Diluído com Emulsão sobre TSD	m ²	47.225,78	R\$ 0,16	R\$ 7.556,12
3.04.006	Remoção de pavimento asfáltico	m ³	3.240,46	R\$ 3,34	R\$ 10.823,13
3.04.007	Transporte de pavimento removido / frezado DT=10 km	m ³ .km	32.404,60	R\$ 1,50	R\$ 48.606,90
3.05.000	Transporte Local				
3.05.001	De massa asfáltica DT = 41 Km	t x km	2.039.494,35	R\$ 0,89	R\$ 1.815.149,97
3.06.000	Transporte Comercial				
3.06.001	De material betuminoso - DT=15 km (CM-30 E EMULSÃO), DT=41 KM (CAP)	t x km	135.817,63	R\$ 0,58	R\$ 78.774,22
3.06.002	De agregado DT = 41 Km	m ³ x Km	271.138,39	R\$ 0,75	R\$ 203.353,79
3.06.003	De filler DT= 41 km	t x km	57.105,93	R\$ 0,48	R\$ 27.410,84
3.07.000	Fornecimento de Material Betuminoso (Palmas)				
3.07.001	CM-30	t	559,42	R\$ 2.791,64	R\$ 1.561.699,24
3.07.002	CAP-20	t	3.007,39	R\$ 1.743,45	R\$ 5.243.234,09
3.07.003	Emulsão RR- 1C	t	167,08	R\$ 1.364,18	R\$ 227.927,19
3.07.004	Emulsão RR-2C	t	170,02	R\$ 1.509,32	R\$ 256.614,58
	SUB TOTAL				R\$ 23.389.766,55
	TOTAL ITEM				R\$ 23.389.766,55

Fonte: Adaptada de EHL (2014, v4, p. 9)

8.2. Orçamento para o pavimento em CCP

8.2.1. Quantitativo de aço

Entre as juntas transversais, o pavimento tem três placas, de 6m x 3,5m cada, que correspondem a 63 m². Primeiramente se calculará a quantidade de aço em cada parte desta.

Cada parte contém 35 barras de transferência na junta transversal, de 25 mm de diâmetro e 46 cm de comprimento, totalizando 16,1 m de comprimento no total. Sendo o peso aproximado dessa bitola de 3,853 kg/m, o aço das barras de ligação é de 62,03 kg.

A mesma parte contém 12 barras de ligação (6 em cada junta longitudinal), de 16 cm de diâmetro e 116 cm de comprimento, totalizando 13,92 m de comprimento no total. Sendo

o peso aproximado dessa bitola de 1,578 kg/m, o aço das barras de ligação é de 21,97 kg.

Totalizando assim, 84 kg de aço a cada 63 m², ou seja 1,33 kg/m² de pavimento. De acordo com o item 3.04.003 do orçamento em CBUQ (Tabela 11), a área total do pavimento é de 418.958,90 m², logo o pavimento terá **612.936,87 kg** de aço considerando 10% de perda.

8.2.2. Quantitativo de concreto

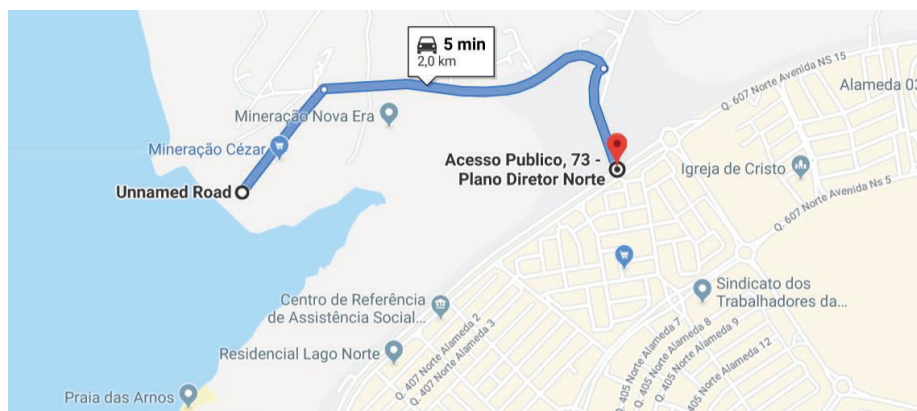
De acordo com o item 3.04.002 do orçamento em CBUQ (Tabela 11), no total são 50.123,14 t de CBUQ. Com espessura do revestimento em CBUQ de 5 cm e densidade de 2,4 t/m³, se tem 20.884,64 m³ de CBUQ no total.

Como a espessura do concreto adotada foi de 20 cm, quatro vezes a espessura do CBUQ, considerou-se que o pavimento em CCP terá **83.538,57 m³** de concreto no total. Sendo a densidade do concreto de 2,5 t/m³, temos **208.846,42 t** de concreto.

8.2.3. Distância Média de Transporte

A Distância Média de Transporte (DMT) adotada do CBUQ foi de 41 km. Porém diminuiu-se essa distância para o pavimento em CCP, adotando uma jazida mais próxima, a Mineração Cézar, que fica a 2 km do acesso para a NS-15 (Figura 38). A distância entre a jazida de agregados e os pontos médios de transporte para o CCP é de 8 km (2 km até acesso da pista e 6 km até os pontos médios), que poderia ter sido utilizada no projeto em CBUQ. E considerou-se também que neste local será produzido o concreto e instalado o canteiro de obras.

Figura 38 – Nova localização de jazida



Fonte: Google Maps (2019)

Logo, a DMT adotada para o concreto será de 8 km, então o transporte local de concreto será de **1.670.771,34 t.km**.

8.2.4. Orçamento

No item da Terraplanagem se manterá todos os itens, porém descontando-se a base, 57,14% dos valores de escavação, transporte e compactação do solo, utilizando apenas os 42,86% referentes à sub-base.

O orçamento da composição da terraplanagem para pavimento em CCP, mantendo-se somente a sub-base foi de R\$ 12.110.747,69. (Tabela 12)

Tabela 12 – Orçamento do Pavimento em CCP – Composição da Terraplanagem

Item	Descrição	Unidade	Físico	Preço unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
2.00.000	TERRAPLANAGEM				
2.01.000	Desmatamento Destoc. E Limpeza				
2.01.001	Desmatamento destoc. e limpeza com árvore de diam até 15 cm	m²	452.633,69	0,36	162.948,13
2.01.002	Carga Material p/ Bota forra (Desmatamento)	m³	90.526,74	1,48	133.979,58
2.01.003	Recomp. De Material Bota fora C/ semeadura	m³	90.526,74	1,16	105.011,02
2.01.004	Transporte de Material de Bota Fora DT=20 km	m³.Km	1.810.534,80	1,42	2.570.959,42
2.02.000	Escavação e Carga de Material				
2.02.001	de 1ª Categoria	m³	211.725,83	3,15	666.936,36
2.02.002	Escavação e Remoção de solo mole	m³	19.080,00	15,10	288.108,00
2.03.000	Escavação, Carga e Transporte de Material				
2.03.001	de 1ª Categoria DT até 200m	m³	17.412,70	7,36	128.157,49
2.03.002	de 1ª Categoria DT entre 201 e 400m	m³	2.117,28	8,01	16.959,44
2.03.003	de 1ª Categoria DT entre 401 e 600m	m³	181,73	8,37	1.521,05
2.03.004	de 1ª Categoria DT entre 601 e 800m	m³	274,30	8,78	2.408,39
2.04.000	Transporte de Material Escavado				
2.04.001	Em rodovia pavimentada DT=10 km	m³.Km	2.117.258,28	1,42	3.006.506,76
2.04.002	De solo mole - DT=10,00Km	m³.Km	190.800,00	9,29	1.772.532,00
2.05.000	Compactação				
2.05.001	A 95% do proctor normal	m³	53.471,96	2,62	140.096,55
2.05.002	A 100% do proctor normal	m³	124.767,92	3,02	376.799,11
2.05.003	Acab. E recomp. De emp.e cam. De serv. c/ semeadura	m²	340.000,00	1,16	394.400,00
2.05.004	Gradeamento de area para semeadura	m²	340.000,00	0,05	17.000,00
2.05.005	Enrocamento de Pedra arrumada	m³	19.080,00	121,93	2.326.424,40
	TOTAL ITEM				12.110.747,69

Fonte: Adaptada de EHL (2014, v4, p. 9)

Já no item da Pavimentação, se retirará tudo que se refere ao CBUQ, porém mantendo-se a composição referente ao TSD, cuja porcentagem representa 11,27% do pavimento flexível total. Para isto, foram feitas algumas considerações sobre o orçamento do pavimento em CBUQ (tabela 11):

Que o item 3.02, transporte de material de Jazida, seja tanto para o CBUQ quanto

para o TSD, então utilizou-se apenas 11,27% deste valor.

No item 3.03, estabilização granulométrica, considerou-se somente a porcentagem de 42,86% deste valor, excluindo-se a base.

No item 3.04, capa asfáltica, excluiu-se o item 3.04.002 por se tratar do CBUQ, e manteve-se 11,27% relativos ao TSD dos valores do item 3.04.001 e 3.04.003, imprimação e pintura de ligação respectivamente.

Considerou-se que o item 3.05.000, transporte local de massa asfáltica, seja em relação ao transporte do CBUQ da usina asfáltica até seu local de aplicação, por tanto retirou-se este valor;

Considerou-se que o item 3.06, transporte comercial, seja em relação ao transporte do fornecedor do material até o canteiro de obras ou usina de asfalto. Onde no item 3.06.001 os materiais CM-30 e Emulsão sejam relativos ao TSD, e o CAP relativo ao CBUQ, considerou-se apenas 11,24% deste valor, relativos ao TSD. Já no item 3.06.002, transporte de agregado, seja a brita utilizada tanto no CBUQ quanto no TSD, logo utilizou-se apenas 11,27% deste valor. Por fim, o item 3.06.003, transporte de filler, está relacionado ao CBUQ somente, portanto retirou-se o item.

No item 3.07, fornecimento de material betuminoso, manteve-se o CM-30 para imprimação de toda a sub-base, e a Emulsão RR-2C, por estar relacionada ao TSD, e retirou-se o CAP-20 e a Emulsão RR-1C por estarem relacionadas ao CBUQ.

Por fim, incluiu-se a composição de custos para pavimento de CCP com fôrma deslizante com areia e brita comercial do Sistema de Custos Rodoviários 2 (SICRO 2) do DNIT de maio de 2014 (ANEXO 1). Bem como a quantidade de aço e o transporte do material.

A Tabela 13 demonstra o orçamento da composição da pavimentação para pavimento em CCP, mantendo-se o TSD considerando as mudanças acima. O valor do item da pavimentação em CCP foi de R\$ 40.334.412,45.

Tabela 13 – Orçamento do Pavimento em CCP – Composição da Pavimentação

Item	Descrição	Unidade	Físico	Preço unitário (R\$)	Preço Total CCP (R\$)
3.00.000	PAVIMENTAÇÃO				
3.01.000	Regularização e Compactação				
3.01.001	Regularização e compactação do sub-leito	m²	367.891,36	0,80	294.313,09
3.01.002	Desmatamento, limpeza e espurgo de jazida	m²	210.600,00	0,45	94.770,00
3.01.003	Acab. E recomp. De jazida e cam. De serv. c/ semeadura	m²	219.420,00	1,16	254.527,20
3.01.004	Gradeamento de área para semeadura	m²	219.420,00	0,05	10.971,00
3.01.005	Escavação e carga de material de jazida c/ indenização	m³	171.907,92	3,99	685.912,60
3.02.000	Transporte de Material de Jazida				
3.02.001	Em caminhos de serviço Dt=18km (TSD)	m³.km	348.732,42	1,42	495.200,03
3.03.000	Estabilização Granulométrica				
3.03.001	De solo sem mistura (sub-base)	m³	62.344,39	11,25	701.374,41
3.04.000	Concreto				
3.04.001	Concr.de cimento portl.com fôrma deslizante AC/BC (2 S 02 606 50)	m³	83.538,57	353,28	29.512.506,01
3.04.002	Aço CA-25 (1 A 00 301 00)	kg	612.936,87	3,42	2.096.244,10
3.05.000	Capa Asfáltica				
3.05.001	Imprimação (TSD)	m²	52.539,01	0,27	14.185,53
3.05.002	Pintura de Ligação (TSD)	m²	47.216,67	0,18	8.499,00
3.05.003	Tratamento Superficial Duplo do TSD	m²	47.225,78	5,06	238.962,45
3.05.004	Banho Diluído com Emulsão sobre o TSD	m²	47.225,78	0,16	7.556,12
3.05.005	Remoção de pavimento asfáltico	m³	3.240,46	3,34	10.823,14
3.05.006	Transporte de pavimento removido / frezado DT=10 km	m³.km	32.404,60	1,50	48.606,90
3.06.000	Transporte Local				
3.06.001	De concreto DT=8km	t x km	1.670.771,34	2,40	4.009.851,22
3.07.000	Transporte Comercial				
3.07.001	De material Betuminoso - DT=15km (CM-30 E EMULSÃO), DT=41 Km(CAP) - TSD	t x km	15.306,65	0,58	8.877,86
3.07.002	De agregado DT=41 Km (TSD)	m³ x km	30.557,30	0,75	22.917,97
3.08.000	Fornecimento de Material Betuminoso (Palmas)				
3.08.001	CM-30	t	559,42	2.791,64	1.561.699,25
3.08.002	Emulsão RR-2C	t	170,02	1.509,32	256.614,59
	TOTAL ITEM				40.334.412,45

Fonte: Adaptada de EHL (2014, v4, p. 9)

Em anexo está uma planilha completa de comparação entre as composições do pavimento em CBUQ e CCP. (ANEXO 2)

A Tabela 14 demonstra o orçamento sintético do pavimento em CCP, em comparativo com o orçamento sintético do pavimento em CBUQ.

Tabela 14 – Orçamento dos Macro Serviços do Pavimento em CCP e CBUQ

QUADRO RESUMO			
CÓDIGO	DISCRIMINAÇÃO	VALORES DO CBUQ (R\$)	VALORES DO CCP (R\$)
1	SERVIÇOS PRELIMINARES	2.724.510,47	2.724.510,47
2	TERRAPLANAGEM	17.895.919,54	12.110.747,69
3	PAVIMENTAÇÃO	23.389.766,55	40.334.412,45
4	DRENAGEM	4.011.241,81	4.011.241,81
5	OBRAS DE ARTE CORRENTES	386.567,09	386.567,09
6	OBRAS COMPLEMENTARES	15.420.989,95	15.420.989,95
7	GALERIAS E DIVERSOS	25.400.648,61	25.400.648,61
8	OAE- RESUMO BUEIRO CELULARES	960.696,23	960.696,23
9	PONTE 01	3.026.511,82	3.026.511,82
10	PONTE 02	3.062.494,31	3.062.494,31
11	ILUMINAÇÃO	5.541.569,78	5.541.569,78
	TOTAL GERAL	101.820.916,16	112.980.390,21

Fonte: Adaptada de EHL (2014, v4, p. 8)

9. COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE ORÇAMENTOS

Comparando os dois orçamentos observa-se que a troca do revestimento do pavimento resultou em uma redução de 6,92% dos custos de terraplanagem, porém um aumento de 12,73% dos custos de pavimentação. O orçamento sofreu um aumento de 10,96% no custo total do empreendimento, ou seja, o pavimento em CCP custou R\$ 11.159.474,00 a mais do que o pavimento em CBUQ para o ano de 2014.

Nesta análise, conclui-se que o pavimento em CBUQ custou R\$243,03 por m², ou cerca de R\$ 7.272.922,58 por km de via. Enquanto o pavimento em CCP custou R\$269,67 por m², ou cerca de R\$ 8.070.027,87 por km de via.

Ressalva-se que estes valores se aplicam somente à avenida NS-15 e cada empreendimento é um caso particular, pois os percentuais podem ser significativamente alterados dependendo das obras incluídas, das distâncias médias de transporte e tipo dos materiais, etc.

Neste estudo de caso, por exemplo, houve uma grande economia de gatos referentes ao transporte de material, pois existia uma jazida muito próxima a obra, um caso atípico, considerada no projeto em CCP, o que impactou significativamente no orçamento do mesmo.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo, pode-se analisar de forma global os custos de implantação entre um pavimento executado em CBUQ e um em CCP. Utilizando-se os projetos da mesma via, alterando apenas o tipo de revestimento, o que impactou diretamente apenas nos custos de terraplanagem e pavimentação do orçamento.

Constatou-se que o custo da implantação do pavimento em CCP para a avenida NS-15 na cidade de Palmas – TO, foi 10,96% mais elevado que o custo de implantação do pavimento em CBUQ. Porém deve-se levar em consideração a economia alcançada nos custos de transporte de materiais devido a existência de uma jazida muito próxima, que não foi adotada no projeto em CBUQ.

O custo de implantação do pavimento flexível é menor, porém o pavimento rígido apresenta melhores benefícios. Como obter uma estrutura mais delgada, gerando menor movimentação de terra, tem melhor drenagem superficial, é mais seguro, por obter uma maior visibilidade horizontal e noturna, além de ter maior segurança à derrapagem. E ainda ter maior durabilidade visto sua resistência química e física, e necessitar de baixas manutenções que não interrompem o tráfego da via.

A vida útil mínima do pavimento rígido é de 20 anos, enquanto a do flexível é de no máximo 10 anos, com manutenções mais frequentes. As manutenções no pavimento flexível são mais baratas e mais simples do que as do pavimento rígido, porém devido a sua necessidade mais frequente de manutenção, os custos da mesma podem inibir a vantagem de seu custo de implantação inferior, ao longo da vida útil. Logo o pavimento rígido pode ter uma viabilidade econômica mais atrativa.

No Brasil, existe uma questão cultural que influencia na tomada de decisões na escolha dos sistemas construtivos a serem implantados, a de se permanecer no antigo, no conhecido, onde as inovações tecnológicas não são muito bem-vindas, tanto que os pavimentos flexíveis são utilizados em maior escala no país, mas isso ocorre em todos os setores da construção civil, não só na pavimentação.

Porém visto a situação de baixos investimentos na infraestrutura de transportes, e o tempo que leva para o poder público tomar a iniciativa de realizar manutenções nos pavimentos, o que agrava a situação das patologias, seria interessante optar por opções mais duradouras,

com menores necessidades de manutenção.

Outros estudos demonstram variações na diferença de custos de implantação e manutenção entre pavimento rígido e flexível. De acordo com Vazata e Junior (2013), o pavimento rígido é 38% mais caro que o pavimento flexível. Já Filho e Rocha (2018), afirmam que o pavimento flexível é aproximadamente 42% mais barato que o pavimento rígido. E segundo Mezzomo (2014), o concreto simples é 6,66% mais caro que um pavimento flexível, e o custo de manutenção do pavimento flexível é superior, variando de 76% a 77% em relação ao concreto simples.

A fim de estabelecer uma vantagem efetiva econômica entre o pavimento rígido e o flexível, deve-se analisar os custos de manutenção ao longo da vida útil de ambos os pavimentos. E então somar os custos de implantação e manutenção de cada, para realização de um comparativo financeiro completo, para averiguar qual pavimento apresenta a melhor relação custo-benefício.

Esta análise pode servir de base para a tomada de decisões na escolha do tipo de pavimento a ser adotado em futuras vias, tendo em vista o custo geral da implantação e manutenção da via e não somente nos custos de implantação do revestimento. Pois ainda que seja um estudo de caso específico, o percentual encontrado já é um bom embasamento inicial.

11. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Marcelo Almeida; et. al. **Análise Comparativa de Métodos de Pavimentação – Pavimento Rígido (concreto) x Flexível (asfalto)**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo Do Conhecimento, ANO 1. VOL. 10, Pp. 187-196. Novembro de 2016 - ISSN.2448-0959. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/metodos-de-pavimentacao>> .Acesso em: 27 set. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Pavimento de concreto é alternativa para melhoria das rodovias**. Concrete Show South America, 2012. Disponível em: <<https://www.abcp.org.br/cms/imprensa/banco-de-pautas/pavimento-de-concreto-e-alternativa-para-melhoria-das-rodovias/>>. Acesso em: 04 out. 2018.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentos de concreto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 472 p.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B.. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ. 2006.

BIANCHI, F. R.; BRITO, J. R. T; CASTRO, V. A. B. **Estudo Comparativo entre Pavimento Rígido e Flexível**. Em: 50º CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO. Salvador, 2008. Anais do 50º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 2008. 16 slides. Disponível em:<http://www.ibracon.org.br/eventos/50cbc/pav_apresentacoes/isis_raquel.pdf>. Acesso em: 27 set 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de Rodovias 2018**.Disponível em:<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Pagina/relatorio_por_unidade_federativa>. Acesso em: 24 out. 2018 a.

_____. **Pesquisa CNT de Rodovias 2018**. Disponível em: <<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paginas/apresentacao>>. Acesso em: 24 out. 2018 b.

_____. **Investimento federal em rodovias não chega a 0,5% do PIB**. Agência CNT de Notícias, 2017. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Imprensa/noticia/investimento-federal-em-rodovias-produto-interno-bruto>>. Acesso em: 24 out. 2018.

EHL; RUDRA. **Projeto Executivo de Engenharia - Rodovia: Via Urbana – Trecho: Avenidas NS-15 e LO-13 (Interligação)**. 2014. Volume 4 - Memorial Descritivo e Plano de Execução da Obra. Elaboração: Consórcio EHL / RUDRA. Concorrência: RDC Presencial Nº 010/2014, Contrato Nº.: 00078/2014.

DAIBERT, João Dalton et al. **Rodovias: Planejamento, Execução e Manutenção**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2015. 128 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes - Volume 10 - Conteúdo 01: Terraplanagem**. 1. ed. Brasília, 2017. 42 p. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/custos-e-pagamentos/sicro/manuais-de-custos-de-infraestrutura-de-transportes/volume-10-manuais-tecnicos/volume-10-manuais-tecnicos>. Acesso em: 08 nov. 2018 a.

_____. **Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes - Volume 10 - Conteúdo 05: Drenagem e Obras de Arte Correntes**. 1. ed. Brasília, 2017. 80 p. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/custos-e-pagamentos/sicro/manuais-de-custos-de-infraestrutura-de-transportes/volume-10-manuais-tecnicos/volume-10-manuais-tecnicos>. Acesso em: 08 nov. 2018 b.

_____. **Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes - Volume 10 - Conteúdo 02: Pavimentação / Usinagem**. 1. ed. Brasília, 2017. 54 p. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/custos-e-pagamentos/sicro/manuais-de-custos-de-infraestrutura-de-transportes/volume-10-manuais-tecnicos/volume-10-manuais-tecnicos>. Acesso em: 08 nov. 2018 c.

_____. **Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes - Volume 10 - Conteúdo 03: Sinalização Rodoviária**. 1. ed. Brasília, 2017. 51 p. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/custos-e-pagamentos/sicro/manuais-de-custos-de-infraestrutura-de-transportes/volume-10-manuais-tecnicos/volume-10-manuais-tecnicos>. Acesso em: 08 nov. 2018 d.

_____. **Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes - Volume 10 - Conteúdo 07: Obras de Arte Especiais**. 1. ed. Brasília, 2017. 84 p. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/custos-e-pagamentos/sicro/manuais-de-custos-de-infraestrutura-de-transportes/volume-10-manuais-tecnicos/volume-10-manuais-tecnicos>. Acesso em: 08 nov. 2018 e.

_____. **Manual de Pavimentos Rígidos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005. 234 p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/714_manual_de_pavimentos_rigidos.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2018.

_____. **Sistema de Custos Rodoviários**. SICRO 2-Norte-Tocantins. Maio de 2014. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/custos-e-pagamentos/sicro-2/norte/norte>>. Acesso em: 13 jun. 2019.

FILHO, José Moacir de Mendonça; ROCHA, Eider Gomes de Azevedo. **Estudo Comparativo entre Pavimentos Flexível e Rígido na Pavimentação Rodoviária**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 06, Vol. 02, pp. 146-163, Junho de 2018. ISSN:2448-0959. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/pavimentos-flexivel>>. Acesso em: 27 set. 2018.

HENRIQUE, Mário. **Tabelas Método PCA/84**. UFPR – Pavimentação. 2018. 19 p. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/18638192/tabelas-metodo-pca>>. Acesso em: 04 fev. 2019.

JÚNIOR, Tadeu Simplicio de Resende. **Estudo Comparativo entre Pavimento Flexível e Rígido**. 2014. 32 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia civil) - Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI, 2014. Disponível em: <<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:HamMuTpQ8gJ:https://sigaa.ufpi.br/sigaa/verProducao%3FidProducao%3D1290768%26key%3D48f6fc83f210d852fda5171ab05b99a4+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br&client=opera>>. Acesso em: 27 set. 2018.

MEZZOMO, Henrique. **Análise comparativa entre um pavimento de concreto simples e um flexível para a duplicação da Rodovia BR-386/RS**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Centro Universitário Univates, Lajeado, 2014. Disponível em: <<https://core.ac.uk/display/51328542>>. Acesso em: 27 set. 2018.

OLIVEIRA, Patrícia Lizi de. **Projeto Estrutural de Pavimentos Rodoviários e de Pisos Industriais de Concreto**. 246 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Estruturas- Universidade de São Paulo. São Carlos. 2000. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-29052006-165910/pt-br.php>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

PITTA, Márcio Rocha. **Dimensionamento dos pavimentos rodoviários de concreto**. 10.ed. São Paulo, ABCP, 1998. 44p.

RIBAS, Leandro Carlos. **CUSTO-BENEFÍCIO NA EXECUÇÃO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS**. 2017. 86 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia civil) - Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:bwNL-oWhdXAJ:tcconline.utp.br/media/tcc/2017/10/CUSTO-BENEFICIO-NA-EXECUCAO-DE-PAVIMENTOS-RIGIDOS.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br&client=opera>>. Acesso em: 27 set. 2018.

ROCHA, R. S.; COSTA, E. A. L. **Patologias de Pavimentos Asfálticos e suas Recuperações - Estudo de caso da Avenida Pinto de Aguiar**. Universidade Católica de Salvador. Salvador, 2009. Disponível em: <https://www.academia.edu/29402465/PATOLOGIAS_DE_PAVIMENTOS_ASFALTICOS_E_SUAS_RECUPERACOES_ESTUDO_DE_CASO_DA_AVENIDA_PINTO_DE_AGUIAR>. Acesso em: 27 set. 2018.

SANTOS, Edivaldo A. dos. **Estudos geotécnicos**. 28 mar. 2018, 06 set. 2018. 18 p. Notas de aula. 2018 a.

_____. **Dimensionamento de pavimentos**. 28 mar. 2018, 06 set. 2018. 16 p. Notas de aula. 2018 b.

_____. **Pavimento Rígidos**. 28 mar. 2018, 06 set. 2018. 42 slides. Notas de aula. 2018 c.

_____. **Patologia dos pavimentos flexíveis**. 28 mar. 2018, 06 set. 2018. 47 slides. Notas de aula. 2018 d.

SENÇO, Wlastermiller de. **Manual de técnicas de pavimentação**. São Paulo: Pini, 2003. v. 1. 746 p.

VAZATA, Ana Claudia Dal Pra; JUNIOR, Ildeivan da Silva. **Análise Comparativa Entre Sistemas De Pavimentação Rígida E Flexível Quanto A Sua Viabilidade Técnica E Econômica Para Aplicação Em Uma Via Urbana**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/17121368-Analise-comparativa-entre-sistemas-de-pavimentacao-rigida-e-flexivel-quanto-a-sua-viabilidade-tecnica-e-economica-para-aplicacao-em-uma-via-urbana.html>>. Acesso em: 27 set. 2018.

ANEXO 1 - COMPOSIÇÃO DE CUSTOS PARA PAVIMENTO DE CCP COM FÔRMA DESLIZANTE COM AREIA E BRITA COMERCIAL

DNIT - Sistema de Custos Rodoviários			Construção Rodoviária		SICRO2			
Custo Unitário de Referência			Tocantins		RCTR0320			
Mês : Maio / 2014								
2 S 02 606 50 - Concr.de cimento portl.com fôrma deslizante AC/BC			Produção da Equipe : 149,00 m3		(Valores em R\$)			
A - Equipamento			Quantidade	Utilização	Custo Operacional		Custo Horário	
				Operativa	Improdutiva	Operativo	Improdutivo	
E330 - Espalhadora de concreto - (172 kW)			1,00	0,58	0,42	287,09	17,40	173,83
E331 - Acabadora de concreto - com forma deslizante (205 kW)			1,00	0,58	0,42	398,20	17,40	238,27
E332 - Texturizadora e Lançadora - sem estação meteorológica (57 kW)			1,00	0,21	0,79	107,95	10,69	31,12
E333 - Serra de Disco Diamantado - para concreto (10 kW)			2,00	0,72	0,28	26,94	10,69	44,79
E404 - Caminhão Basculante - 10 m3 - 15 t (210 kW)			2,71	1,00	0,00	132,08	10,69	357,96
E422 - Caminhão Tanque - 8.000 l (136 kW)			1,00	0,50	0,50	93,89	10,69	52,29
			Custo Horário de Equipamentos				898,26	
B - Mão-de-Obra			Quantidade			Salário-Hora	Custo Horário	
T511 - Encarreg. de pavimentação			1,00			32,96	32,97	
T604 - Pedreiro			4,00			11,79	47,20	
T701 - Servente			14,00			7,74	108,41	
			Custo Horário da Mão-de-Obra				188,58	
			Adc.M.O. - Ferramentas: (15,51 %)				29,25	
			Custo Horário de Execução				1.116,09	
			Custo Unitário de Execução				7,49	
C - Material			Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário	
M620 - Protetor de cura do concreto			0,7500	kg	3,73		2,80	
M949 - Disco diam. serra asfalto SD8-034			0,0010	un	17,28		0,02	
			Custo Total do Material				2,82	
D - Atividades Auxiliares			Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário	
1 A 01 580 03 - Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 25			1,0000	kg	6,74		6,74	
1 A 01 656 51 - Usinagem de conc. c/ cim. port.p/ pav.rígido AC/BC			1,0000	m3	259,65		259,65	
1 A 02 702 00 - Limpeza e enchim. junta pav. concr.(const e rest)			0,8300	m	2,57		2,14	
			Custo Total das Atividades				268,52	
F - Transporte de Materiais Produzidos / Comerciais			Toneladas / Unidade de Serviço			Custo Unitário		
1 A 00 716 00 - Areia comercial			0,9045					
Página 419								
Emitido em: 30/07/2014								

Página 419

Emitido em: 30/07/2014

DNIT - Sistema de Custos Rodoviários			Construção Rodoviária			SICRO2
Custo Unitário de Referência			Tocantins			RCTR0320
2 S 02 606 50 - Concr.de cimento portl.com fôrma deslizante AC/BC			Mês : Maio / 2014			
			Produção da Equipe : 149,00 m3			(Valores em R\$)
1 A 00 717 00 - Brita Comercial		1,1160				
1 A 01 656 50 - Usinagem p/ conc.cim.portl.c/ forma desliz AC/BC		2,4000				
Custo Unitário Direto Total						278,84
Lucro e Despesas Indiretas (26,70 %)						74,45
Preço Unitário Total						353,28

Observações : Especificação de serviço: DNER-324.
O transporte deve ser calculado na fase de orçamento, com as distâncias médias de transporte de cada trecho, utilizando-se as composições de momentos de transporte do SICRO2.
As quantidades indicadas nos itens de transporte de materiais referem-se ao consumo de materiais a serem transportados, por unidade de serviço.

ANEXO 2 – COMPARATIVO ENTRE AS COMPOSIÇÕES DE CUSTO DO ITEM “PAVIMENTAÇÃO” EM CCP E CBUQ

Item	Descrição	Unidade	Físico	Preço unitário (R\$)	Preço Total CBUQ (R\$)	Preço Total CCP (R\$)
3.00.000	PAVIMENTAÇÃO					
3.01.000	Regularização e Compactação					
3.01.001	Regularização e compactação do sub-leito	m²	367.891,36	0,80	294.313,09	294.313,09
3.01.002	Desmatamento, limpeza e espurgo de jazida	m²	210.600,00	0,45	94.770,00	94.770,00
3.01.003	Acab. E recomp. De jazida e cam. De serv. c/ semeadura	m²	219.420,00	1,16	254.527,20	254.527,20
3.01.004	Gradeamento de área para semeadura	m²	219.420,00	0,05	10.971,00	10.971,00
3.01.005	Escavação e carga de material de jazida c/ indenização	m³	171.907,92	3,99	685.912,60	685.912,60
3.02.000	Transporte de Material de Jazida					
3.02.001a	Em caminhos de serviço Dt=18km	m³.km	3.094.342,64	1,42	4.393.966,55	-
3.02.001b	Em caminhos de serviço Dt=18km (TSD)	m³.km	348.732,42	1,42	-	495.200,03
3.03.000	Estabilização Granulométrica					
3.03.001a	De solo sem mistura (base-sub-base)	m³	145.460,55	11,25	1.636.431,19	-
3.03.001b	De solo sem mistura (sub-base)	m³	62.344,39	11,25	-	701.374,41
3.04.000	Concreto					
3.04.001	Concr.de cimento portl.com fôrma deslizante AC/BC (2 S 02 606 50)	m³	83.538,57	353,28	-	29.512.506,01
3.04.002	Aço CA-25 (1 A 00 301 00)	kg	612.936,87	3,42	-	2.096.244,10
3.05.000	Capa Asfáltica					
3.05.001a	Imprimação	m²	466.184,68	0,27	125.869,86	-
3.05.001	Imprimação (TSD)	m²	52.539,01	0,27	-	14.185,53
3.05.002	Concreto Betuminoso Usinado a Quente	m²	50.123,14	121,65	6.097.479,98	-
3.05.003a	Pintura de Ligação	m²	418.958,90	0,18	75.412,60	-
3.05.003b	Pintura de Ligação (TSD)	m²	47.216,67	0,18	-	8.499,00
3.05.004	Tratamento Superficial Duplo do TSD	m²	47.225,78	5,06	238.962,45	238.962,45
3.05.005	Banho Diluído com Emulsão sobre o TSD	m²	47.225,78	0,16	7.556,12	7.556,12
3.05.006	Remoção de pavimento asfáltico	m³	3.240,46	3,34	10.823,14	10.823,14
3.05.007	Transporte de pavimento removido / frezado DT=10 km	m³.km	32.404,60	1,50	48.606,90	48.606,90
3.06.000	Transporte Local					
3.06.001	De concreto DT=8km	t x km	1.670.771,34	2,40	-	4.009.851,22
3.06.002	De massa asfáltica DT=41km (CBUQ)	t x km	2.039.494,35	0,89	1.815.149,97	-
3.07.000	Transporte Comercial					
3.07.001a	De material Betuminoso - DT=15km (CM-30 E EMULSÃO), DT=41 KM(CAP)	t x km	135.817,63	0,58	78.774,23	-
3.07.001b	De material Betuminoso - DT=15km (CM-30 E EMULSÃO), DT=41 KM(CAP) - TSD	t x km	15.306,65	0,58	-	8.877,86
3.07.002a	De agregado DT=41 Km	m³ x km	271.138,39	0,75	203.353,79	-
3.07.002b	De agregado DT=41 Km (TSD)	m³ x km	30.557,30	0,75	-	22.917,97
3.07.003	De filer DT=41 KM	t x km	57.105,93	0,48	27.410,85	-
3.08.000	Fornecimento de Material Betuminso (Palmas)					
3.08.001	CM-30	t	559,42	2.791,64	1.561.699,25	1.561.699,25
3.08.002	CAP-20	t	3.007,39	1.743,45	5.243.234,10	-
3.08.003	Emulsão RR-1C	t	167,08	1.364,18	227.927,19	-
3.08.004	Emulsão RR-2C	t	170,02	1.509,32	256.614,59	256.614,59
	TOTAL ITEM				23.389.766,64	40.334.412,45

Fonte: Adaptada de EHL (2014, v4, p. 9)

OBS: Em preto estão destacados os itens mantidos nos dois orçamentos. Já em vermelho os itens referentes ao CBUQ. Em verde os itens referentes ao TSD. Em azul os itens referentes ao CCP. E em roxo, o item referente à somente a sub-base (eliminando-se a base).