



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

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

Marcos Oliveira da Silva

ESTUDO COMPARATIVO TÉCNICO – ORÇAMENTÁRIO ENTRE CBUQ E TSD COM ENFOQUE NA PAVIMENTAÇÃO DA LO-13 PALMAS-TO.

Palmas – TO

2018

Marcos Oliveira da Silva

ESTUDO COMPARATIVO TÉCNICO – ORÇAMENTÁRIO ENTRE CBUQ E TSD COM
ENFOQUE NA PAVIMENTAÇÃO DA LO-13 PALMAS-TO.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. M.Sc. Murilo de Pádua Marcolini.

Palmas – TO

2018

Marcos Oliveira da Silva

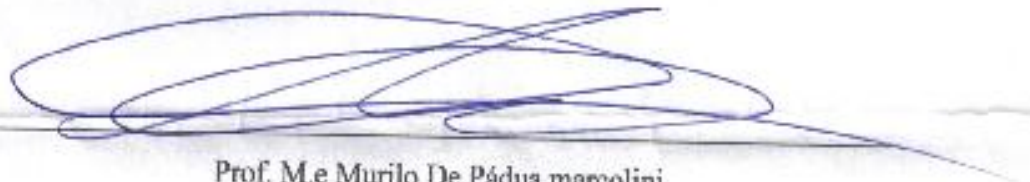
ESTUDO COMPARATIVO TÉCNICO – ORÇAMENTÁRIO ENTRE CBUQ E TSD COM ENFOQUE NA PAVIMENTAÇÃO DA LO-13 PALMAS-TO.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. M.Sc. Murilo de Pádua Marcolini.

Aprovado em: 06/06/2018

BANCA EXAMINADORA



Prof. M.e Murilo De Pádua marcolini

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Esp. Jose Pereira da Silva Neto

Agência Tocantinense De Transportes e Obras - AGETO



Prof. Esp. Tailla Alves Cabral Brito

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por ter me proporcionado chegar até aqui. A minha família por toda a dedicação e paciência contribuindo diretamente para que eu pudesse ter um caminho mais fácil e prazeroso durante esses anos.

Agradeço aos professores e amigos que sempre estiveram dispostos a ajudar e contribuir para melhor aprendizado em especial ao meu professor e orientado.

O conhecimento nos faz responsáveis. (che Guevara)

RESUMO

[OLIVEIRA, Marcos Silva. **Estudo comparativo técnico – orçamentário entre CBUQ e TSD com enfoque na pavimentação da LO-13 Palmas - TO**. 2018. 44 f. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2018].

O presente trabalho visa discutir a melhor escolha de pavimentação flexível para LO-13, que está localizada em Palmas – TO. Tendo em vista que os pavimentos que serão analisados são o tratamento superficial duplo (TSD), que é constituído por duas aplicações de ligante, intercaladas por duas camadas de agregado, onde os agregados da segunda camada possuem granulometria menor para assim essas camadas venham preencher os espaços vazios da primeira camada (PEREIRA, 2013). E o concreto betuminoso a quente (CBUQ) que é uma mistura realizada a quente, em usina específica, com características peculiares, composta de agregado graduado, material de enchimento (filer) se necessário e cimento asfáltico, espalhada e compactada a quente (DNIT, 2016).

Palavra chave: pavimentação, TSD, CBUQ

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: camadas do pavimento	16
Figura 2: Classificação dos revestimento	16
Figura 3: Tratamento superficial simples	18
Figura 4: Tratamento superficial duplo	19
Figura 5: Tratamento superficial triplo.....	20
Figura 6: Determinar a espessura do pavimento	24
Figura 7: trecho adotado para estudo a LO-13.	27
Figura 8: Regularização de sub-leito, abrangendo homogeneização, umedecimento e compactação conforme o SINAPI.	28

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação das vias e parâmetros de tráfego.....	26
Quadro 2 – Vantagens e Desvantagens dos pavimentos.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Espessura mínima de revestimento betuminoso.....	23
Tabela 2: Coeficiente de equivalência estrutural.....	24
Tabela 3: Planilha orçamentária do revestimento asfáltico CBUQ.....	29
Tabela 4: Curva ABC do revestimento asfáltico CBUQ.....	30
Tabela 5: Planilha orçamentária do revestimento asfáltico TSD.	32
Tabela 6: Curva ABC do revestimento asfáltico TSD	33
Tabela 7: Planilha orçamentária de manutenção do TSD.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CBUQ	Concreto betuminoso usinado a quente
TSS	Tratamento superficial simples
TSD	Tratamento superficial duplo
TST	Tratamento superficial triplo
CNT	Confederação Nacional do Tratamento

LISTA DE SÍMBOLOS

m^2	Metros quadrados
m^3	Metros cúbicos
m^3xkm	Metros cúbicos por quilômetros
$txkm$	Toneladas por quilômetros

SUMÁRIO

SUMÁRIO	10
1 INTRODUÇÃO	12
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	12
1.2 HIPÓTESES	12
1.3 OBJETIVOS	12
1.3.1 Objetivo Geral	12
1.3.2 Objetivos Específicos	13
1.4 JUSTIFICATIVA	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 CONDIÇÕES ATUAIS DA PAVIMENTAÇÃO NO BRASIL	14
2.2 RELEVÂNCIAS DO REVESTIMENTO ASFALTICO NA PAVIMENTAÇÃO	14
2.3 PAVIMENTOS: DEFINIÇÃO E CONCEITOS	14
2.4 CLASSIFICAÇÕES DO PAVIMENTO	15
2.4.1 Pavimento rígido	15
2.4.2 Pavimento Semi-Rígido	15
2.4.3 Pavimento flexível	15
2.5 CAMADAS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL	15
2.5.1 Revestimento	16
2.5.2 Base	16
2.5.3 Sub-base	17
2.5.4 Reforço do subleito	17
2.5.5 Regularização do subleito	18
2.5.6 Subleito	18
2.6 TIPOS DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS	18
2.6.1 Tratamento superficial	18
2.6.1.1 Tratamento superficial simples	18
2.6.1.2 Tratamento superficial duplo	19
2.6.1.3 Tratamento superficial triplo	20
2.6.2 Concreto betuminoso a quente	20
2.7 DIMENSIOANAMENTO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL	22
2.8 CLASSIFICAÇÕES DOS PAVIMENTOS SEGUNDO O TRÁFICO	25
2.9 CONCEITOS DE PAVIMENTO DE BAIXO CUSTO	26
3. METODOLOGIA	27
3.1. TRECHO A SER ESTUDO	27

3.2 OBJETO DE ESTUDO	28
3.3 VIABILIDADE	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1. PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO CBUQ	29
4.1.1 Curva ABC do revestimento asfáltico CBUQ.....	29
4.1.1.1 Gráfico de Curva ABC do revestimento asfáltico CBUQ.....	30
4.2 PLANILHA ORÇAMETÁRIA DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO TSD.....	31
4.2.2 Curva ABC do revestimento asfáltico TSD.....	32
4.2.2.1 Gráfico de Curva ABC do revestimento asfáltico TSD.....	33
4.3 GRÁFICO COMPARATIVO DE CUSTO DOS DOIS REVESTIMENTOS PROPOSTO	34
4.4 MANUTEÇÕES DO PAVIMENTO NO PERÍODO DE 10 ANOS	35
4.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS	36
5 CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

Nas ultimas décadas no Brasil, com a constante urbanização e o desenvolvimento populacional, econômico e social, houve o surgimento de grandes centros urbanos e a necessidade da melhoria das vias. Dessa forma a pavimentação urbana necessita de pavimento de boa qualidade uma vez que o tráfego aumenta e com o menor custo possível.

Um revestimento asfáltico deve suportar aos esforços provenientes do tráfego e distribuí-los nas camadas abaixo sem abandonar sua capacidade funcional. O controle do processo de produção e execução das misturas utilizadas nos revestimentos asfálticos contribui para pavimentos mais duráveis e de maior benefício/custo. (BUDNY, 2009).

Dessa maneira a pavimentação das vias urbanas tem como suas principais escolhas no material de revestimento o tratamento superficial duplo (TSD), que tem como característica uma boa resistência quando o tráfego médio de veículos, e um baixo custo inicial quando comparado a outros tipos de revestimento. E o concreto betuminoso a quente (CBUQ), que é um material que exerce uma função estrutural e com isso tem uma resistência maior comparado aos tratamentos superficiais, em contrapartida tem seu custo inicial bastante elevado.

Com base nisso, esse trabalho busca apontar um material mais adequado para o trecho da LO-13, que faz a interligação com a NS-15.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Qual pavimento flexível a utilizar entre o CBUQ e TSD buscando uma compensação custo e desempenho?

1.2 HIPÓTESES

Acredita-se que o tratamento superficial duplo seja mais acessível, no entanto o concreto betuminoso a quente tem uma vida útil maior, assim suponhamos que seu alto custo inicial seja compensado com sua maior longevidade em comparação ao TSD.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Análise comparativa de custo e desempenho entre o CBUQ e o TSD, usando como referência a pavimentação da LO-13 Palmas - TO.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Elaborar planilha orçamentária para os dois tipos de revestimento de pavimentação proposto.
- b) Realizar uma comparação técnica e financeira do trecho estudado.
- c) Verificar uma saída mais viável, em termos econômicos, sobre diferentes materiais de asfalto flexível.

1.4 JUSTIFICATIVA

Percebe-se que com uma grave crise econômica, a irresponsabilidade com o dinheiro público é gigantesca, e um dos setores que sofre com precipitação de escolhas inadequadas é a pavimentação. Com base nisso esse trabalho busca visar uma melhor escolha técnica e com menor custo possível, dentre o concreto betuminoso a quente (CBUQ) que é um dos pavimentos mais utilizado nas rodovias federais brasileiras, e o tratamento superficial duplo (TSD) que será possível o uso em uma rodovia e vias urbanas as quais são observadas um baixo fluxo de veículos pesados.

. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONDIÇÕES ATUAIS DA PAVIMENTAÇÃO NO BRASIL

A Confederação Nacional do Tratamento (CNT) tem visto a maior parte dos pavimentos do Brasil de baixo conforto ao rolamento, incluindo vários trechos concessionados da malha federal. A carência de investimento na infraestrutura rodoviária do Brasil, onde as estradas são o meio de escoamento mais significativo da produção nacional, entre outros problemas tais como: desperdício de cargas, um grande número de acidentes, gasto elevado com manutenção e combustível, tem sido a responsável perda de competitividade, dos bens produzidos no país para o mercado exterior. (RAMALHO, 2010).

A pesquisa publicada em 28/10/2009, feita pela CNT diz que o Brasil tem 69% da malha rodoviária entre péssima e regular estado de conservação. Pesquisa feita pelo GEIPOT em 2001, já afirmava que aproximadamente 60% do transporte de carga realizada no Brasil é rodoviário, restando 40% para os outros tipos de transporte. Assim sendo, a malha rodoviária encontra-se em condições insatisfatórias tanto quanto ao desempenho quanto à segurança e à economia, originando assim, uma situação econômica insustentável. (RAMALHO, 2010).

2.2 RELEVÂNCIAS DO REVESTIMENTO ASFALTICO NA PAVIMENTAÇÃO

A pavimentação asfáltica corresponde cerca de 90% das estradas no Brasil, sendo que o concreto betuminoso a quente (CBUQ) é o revestimento mais utilizado. Mas sabendo que o tipo empregado depende de vários fatores, como: a finalidade do projeto, intensidade do tráfego na região, do solo existente e a vida útil esperada. (NAKAMURA, 2011).

2.3 PAVIMENTOS: DEFINIÇÃO E CONCEITOS

De acordo com Balbo (2007) as funções dos pavimentos são: apresentar uma superfície mais regular, onde haja melhor conforto para passagem do veículo, uma superfície mais aderente, com mais segurança para pista úmida ou molhada e uma superfície menos ruidosa, com menor desgaste ambiental nas vias urbanas e rurais.

O pavimento é uma estrutura resistente, no entanto não é eterna, composta por camadas sobreposta de diferentes materiais compactados a partir do subleito do corpo estradal, propício para responder estrutural e operacionalmente ao tráfego, de modo duradouro e com menor custo realizável, considerando diversos horizontes para serviços de manutenção preventiva, corretiva e de reabilitação, obrigatórias. (BALBO, 2007)

Segundo a NBR-7207/82 da ABNT tem-se a seguinte definição: O pavimento é uma estrutura construída após terraplenagem e destinada, econômica e simultaneamente, em seu conjunto, a:

- a) Suportar e subdividir ao subleito os esforços verticais gerados pelo tráfego;
- b) Favorecer melhores condições de rolamento quanto a conforto e segurança;
- c) Suportar aos esforços horizontais que nela estão tornando mais durável à superfície de rolamento.

2.4 CLASSIFICAÇÕES DO PAVIMENTO

2.4.1 Pavimento rígido

São aqueles que pouco se deformam, constituídos, sobretudo por concreto de cimento. Rompem por tração na flexão, quando sujeitos a deformações. (SENÇO, 2007).

É aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado (DNIT, 2006).

2.4.2 Pavimento Semi-Rígido

É aquele que se caracteriza por ter uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como, por exemplo, uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica. (DNIT, 2006).

2.4.3 Pavimento flexível

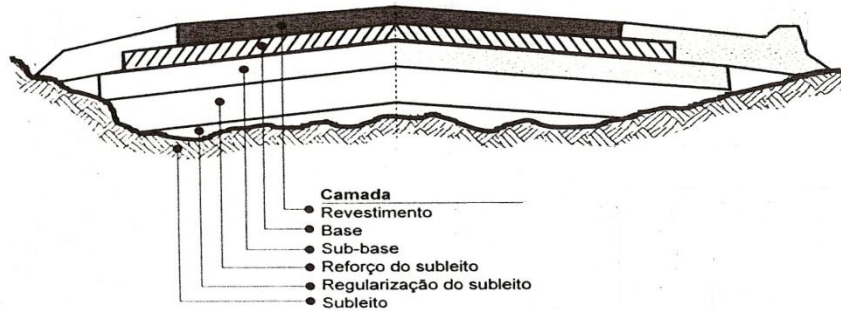
São aqueles em que as deformações, até certo limite, não levam ao rompimento. São dimensionados normalmente a compressão e a tração na flexão, provocada pelo aparecimento das bacias de deformação sob as rodas dos veículos, que levam a estrutura a deformações permanentes, e ao rompimento por fadiga. (SENÇO, 2007)

Aqueles em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, logo, a carga se distribuí em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Exemplos típicos: pavimento constituído por uma base de brita (brita graduada, macadame) ou por uma base de solo pedregulhoso, revestida por uma camada asfáltica. (DNIT, 2006).

2.5 CAMADAS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

A estrutura típica do pavimento é composta por revestimento, base, sub-base, subleito, regularização do subleito e reforço do subleito, sendo que o reforço é caso precisar, ou seja, desde que o solo natural não apresente boa capacidade de suporte.

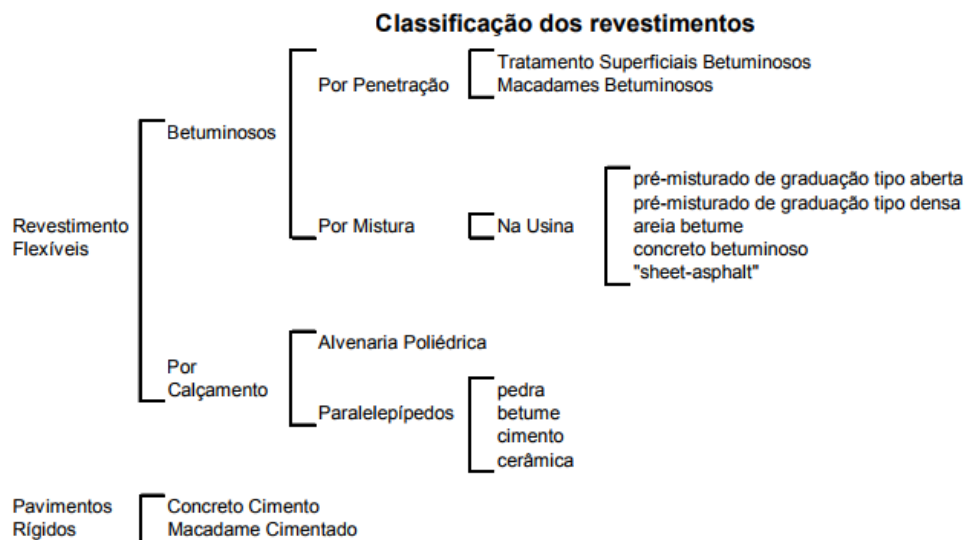
Figura 1: camadas do pavimento



Fonte: (SENÇO, 2007)

2.5.1 Revestimento

Figura 2: Classificação dos revestimento



Fonte: DNIT (2006)

Os pavimentos são estruturas de múltiplas camadas, sendo o revestimento a camada que se remete a ganhar à carga dos veículos e de modo direto a ação climática. Conseqüentemente, essa camada deve ser tanto quanto possível impermeável e a obrigação de ser resistente aos esforços de contato pneu-pavimento em movimento, que se transforma conforme a carga e a velocidade dos veículos. (BERNUCCI; MOTTA; CERATTI, 2010).

2.5.2 Base

A base tem como objetivo de resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego e distribuí-los. E esta imediatamente abaixo da camada de revestimento, sendo essa camada a mais significativa. Divide se em base rígida e base flexível. (SENÇO, 1997).

De acordo com Matos e Benkendorf *apud* Hunter e Conrado (2010, p. 17),

A base tem como finalidade distribuir as cargas aplicadas na superfície, para não exceder a capacidade de suporte do subleito. Para que isso seja possível deve apresentar características determinadas para as bases de pavimento.

2.5.3 Sub-base

A sub-base é uma camada da estrutura do pavimento que se posiciona entre a base e o subleito, suas características tecnológicas deve ser maior do que o material de reforço do subleito caso tenha e menor que o da base, com a restrição nos pavimento de estrutura invertida, apenas executada quanto for circunstâncias técnicas e econômicas, não for prudente a utilização da base diretamente sobre o reforço ou direto no subleito. (SENÇO, 1997).

Segundo a ES-139/DNIT (2010) os matérias da sub-base deverão necessariamente mostrar as seguintes particularidade:

a) Os materiais integrantes são solos, combinação de solo, combinação de solos e matérias britados;

b) Sempre que são sujeitos aos ensaios de caracterização DNER-ME 080/94, DNER-ME 082/84 e DNER-ME 122/94, os materiais coletados tem que expor as devidas características: Índice de Grupo - IG = 0; A parcela confinada na peneira n° 10 no ensaio de granulometria deve ser formada de peculiaridade duras, libertas de fragmentos com baixa resistência, material orgânico ou outras substâncias desfavorável;

c) Índice de Suporte Califórnia – ISC tem que estar maior ou igual 20% e a Expansão menor ou igual 1%, definido por meio dos ensaios: NORMA DNIT 139/2010-ES 3 Ensaio de Compactação - DNER-ME 129/94, na energia do Método B, ou maior que esta; Ensaio de Índice de Suporte Califórnia - DNER-ME 049/94, com a energia do ensaio de compactação.

2.5.4 Reforço do subleito

Essa é uma camada que não é obrigatória, e quando necessária é uma camada constante, esta localizada acima da regularização do subleito, com qualidades tecnológicas melhores às da camada de regularização e piores às da camada imediatamente superior, ou seja, sub-base. O reforço do mesmo modo que as camadas superiores tem que resistir e distribui esforços verticais, no entanto não tendo o perfil de absorver definitivamente esses esforços o que é de responsabilidade especialmente do subleito. (SENÇO, 2007)

2.5.5 Regularização do subleito

É uma camada de espessura irregular, localizada sobre o subleito e atribuída a dar uniformidade, transversal e longitudinalmente, com o projeto, devendo ser executada, sempre que possível em aterro. (SENÇO, 2007)

2.5.6 Subleito

É a camada que é conhecida com a fundação do pavimento. No subleito os esforços são aliviados em sua profundidade. É formado pelo solo natural consolidado e compactado, em cortes, ou por material transportado e compactado no local, for o caso de aterro. Muitas das vezes já é uma estrada que vem sendo utilizada para transporte e tem seu subleito compactado. (BALBO,2007).

2.6 TIPOS DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS

2.6.1 Tratamento superficial

Manual de Pavimentação do DNIT (2006) classifica o TSP em tratamento: superficial simples (TSS), duplo (TSD) ou triplo (TST), em função do número de camadas de agregado e ligante. As Figuras 1, 2 e 3 ilustram os tipos de tratamentos superficiais, de acordo com o número de aplicações de ligantes e agregados.

2.6.1.1 Tratamento superficial simples

O tratamento superficial simples (TSS) equivale uma só vez de aplicação de ligante asfáltico logo coberto por uma camada simples de agregado de tamanho uniforme como podemos observar na figura 1. Nesse tipo de TSP, o ligante penetra nos vazios entre os agregados de baixo para cima, caracterizando a chamada penetração invertida. O TSS é usado como uma camada de desgaste e impermeabilizante. O TSS com o objetivo principal de impermeabilização, ou para modificar a textura de um pavimento existente, é denominado capa selante. (PEREIRA, 2013).



Figura 3: Tratamento superficial simples

FONTE: (PEREIRA, 2013).

2.6.1.2 Tratamento superficial duplo

O TSD é constituído por duas aplicações de ligante, intercaladas por duas camadas de agregado, onde os agregados da segunda camada possuem granulometria menor para assim essas camadas venham preencher os espaços vazios da primeira camada, como pode ser visto na figura 2. Nesse tipo de TSP, como nos demais tratamentos múltiplos, inicia-se com a aplicação do ligante que penetra de baixo para cima (penetração invertida) na primeira camada de agregado e nas demais camadas a penetração do ligante é tanto invertida como direta. (PEREIRA, 2013).



Figura 4: Tratamento superficial duplo

FONTE: (PEREIRA, 2013).

Segundo a NORMA DNIT 147/2012 – ES a execução do TSD tem que obedecer aos seguintes critérios:

- a) Primeiramente, tem que haver uma limpeza de toda a pista imprimada ou pintada, no sentido que seja eliminada toda e qualquer partícula de pó.
- b) O ligante asfáltico deve ser aplicado em uma temperatura em que seja determinada em relação temperatura x viscosidade. Devendo ser optar para o que tiver mais viscosidade ao espalhamento. Sendo as seguintes faixas recomendadas:
 - cimento asfáltico, 20 a 60 segundos saybolt-Furol (DNER-ME 004/94)
 - Emulsão asfáltica, 20 a 100 segundos saybolt-Furol (DNER-ME 004/94)
- c) caso seja usado melhorador de adesividade é exigido que seja colocado aditivo no ligante asfáltico no canteiro de obra, forçando que circule novamente a mistura ligante asfáltico-aditivo.
- d) O ligante asfáltico tem que ser colocado em uma única vez em toda a largura da faixa a ser revestida. Caso aconteça excessos ou falta de ligante asfáltico deve ser evitados e caso venha acontecer tem que ser corrigido.
- e) Devem-se ter cuidado especiais na execução das juntas transversais e das juntas longitudinais, para não acontecer excesso, escassez ou falta de ligantes aplicados nestes locais.

- 1º caso: em geral devem ser usadas, no início ou a cada parada do recobrimento transversal as pistas com papel ou outro material impermeável;
 - 2º caso: em geral deve ser usado pelo equipamento de aplicação de ligante um recobrimento adicional longitudinal da faixa adjacente, determinando na obra, em função das características do equipamento utilizado.
- f) logo após o ligante ser utilizado deve-se espalhar a primeira camada de agregado, na quantidade que o projeto indicou. Excessos ou pouco agregado devem ser corrigidos antes do começo da compressão.
- g) Começa-se a compressão do agregado logo após ser lançado na pista. Essa compressão deve ser iniciada pelas bordas progredindo para o eixo nos trechos em tangentes e nas curvas deve progredir da borda mais baixa para a mais alta, sabendo que cada passagem do rolo recoberta, na passagem seguinte, de pelo menos a metade da largura deste.
- h) logo a compressão da camada e obtida a fixação do agregado, faz-se um limpeza leve do material solto.
- i) a segunda camada deve ser igual da primeira.
- j) Deve-se permitir o tráfego somente quando terminar da compressão e de maneira controlada.

2.6.1.3 Tratamento superficial triplo

O TST é composto de três aplicações de ligante, intercalados por três camadas de agregado. A compactação ocorre a cada realização de uma camada de ligante-agregado. O chamado tratamento superficial duplo (TSD) com capa selante, nada mais é do que um tipo de TST, segundo seu processo construtivo. (PEREIRA, 2013).



Figura 5: Tratamento superficial triplo

FONTE: (PEREIRA, 2013).

2.6.2 Concreto betuminoso a quente

Segundo a NORMA DNIT 031/2006 - ES o concreto Asfáltico - Mistura realizada a quente, em usina específica, com características peculiares, composta de agregado graduado,

material de enchimento (filer) se necessário e cimento asfáltico, espalhada e compactada a quente.

A primeira usina de CBUQ do Brasil foi instalada na cidade de Caxias do Sul em 1956, já pensando com a oferta de Concreto Asfáltico de Petróleo (CAP) produzido pela RPBC. Desde o momento, o uso do CBUQ no mercado de pavimentação brasileiro se expandiu, sendo hoje o revestimento preferível em todo o país (ZAGONEL, 2013).

De acordo com NORMA DNIT 031/2006 – ES o CBUQ tem que obedecer as seguintes etapas em sua execução:

- Pintura de ligação: Se passado mais de 7 dias da execução da imprimação e o revestimento, ou no caso de ter havido trânsito sobre a superfície, ou ainda ter sido a imprimação recoberta com areia, pó-de-pedra, etc., tem que ser feita uma pintura de ligação;
- Temperatura do ligante: nesse caso deve ser utilizado na mistura uma temperatura para cada tipo de ligante, em função da relação temperatura-viscosidade. A temperatura conveniente é aquela na qual o cimento asfáltico apresenta viscosidade entre 75 a 150 SSF, “Saybolt-Furol”(DNER-MME 004), apresentando-se, principalmente, a viscosidade de 75 a 95 SSF. A temperatura do ligante não pode ficar abaixo de 107° e nem passar dos 177°C.
- Aquecimento dos agregados: os agregados devem ser aquecidos a temperatura de 10°C a 15°C acima da temperatura do ligante asfáltico sem passar dos 177°C.
- Produção do concreto asfáltico: o concreto deve ser produzido em usina apropriada.
- Transporte do concreto asfáltico: os transportes devem ocorrer em caminhos basculantes específicos de transporte de CBUQ.
- Caso ocorram irregularidades na superfície da camada, deve ser feito o reparo com adição manual de concreto asfáltico, sendo espalhados por ancinhos e rolos metálicos.
- Após a distribuição do concreto asfáltico, tem início a rolagem. Essa temperatura de rolagem é a mais elevada que mistura asfáltica possa suportar, temperatura essa colocada, experimentalmente, para cada caso.
- Se forem usar rolos de pneus, de pressão variável, a rolagem devem ser iniciada com baixa pressão, e sendo aumentada à medida que a mistura seja compactada, e, conseqüentemente, suportando pressões mais elevadas.
- Devem começar a compactação pelos bordos longitudinalmente, em direção ao eixo da pista de rolamento. Onde haver curvas de acordo com a superelevação, deve tomar cuidado para que a compactação seja feita do ponto mais alto para o mais baixo.

- A cada vez que passar de rolo deve ser recoberto na seguinte de pelo menos, metade da largura rolada. Em qualquer caso, a operação de rolamento perdurará até o momento que seja atingido a compactação ideal especificada.
- Durante a rolagem é inadmissível a mudança de direção e inversões brusca de marchas, nem a parada do equipamento sobre o revestimento recém – rolado.
- As rodas do rolo devem ser molhadas adequadamente, de modo a de conter a aderência da mistura.
- Abertura ao tráfego: só pode ser liberado quando seu resfriamento for feito por completo.

2.7 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

O dimensionamento de um pavimento representa a determinação das camadas de reforço do subleito, sub-base, base e revestimento, de maneira que essa camada seja suficiente para suportar, transmitir e distribuir as pressões resultantes das passagens dos veículos ao subleito, sem que o conjunto sofra ruptura, deformações apreciáveis ou desgaste superficial excessivo. (SENÇO, 2007).

Segundo com o IPR-719/DNIT 2006, o método do DNER, tem como base o trabalho “Desig of Flexible Pavemrns Considering Loads And Traffic Volume”, da autoria de W.J Turnbull, C.R Foster e R.G. Ahlvin, do corpo de engenheiros de Exército dos E.E.U.U e conclusões obtidas na Pista Experimental da AASHTO.

O dimensionamento de um pavimento se inicia a partir do ensaio de CBR, em que se obtém o valor do CBR por meio da fórmula, conforme IPR-719/DNIT (2006):

$$\text{CBR} = (\text{Pressão calculada ou pressão corrigida} / \text{pressão padrão}) * 100$$

Para o cálculo do CBR final, registram-se os valores dos índices de Suporte Califórnia (CBR) obtidos, correspondentes aos valores das unidades que serviram para a construção da curva de compactação.

A manual IPR-719/DNIT (2006) diz que, os materiais quanto à sua expansão, devem conter em suas camadas:

- a) materiais do subleito: expansão menor ou igual a 2% e CBR maior ou igual a 2%;
- b) materiais para reforço do subleito: expansão menor ou igual 1% CBR maior que o subleito;
- c) materiais da sub-base: expansão menor ou igual a 1% e CBR maior ou igual a 20%;
- d) materiais para base: expansão menor ou igual a 0,5% e CBR maior que 80%, além de limite de liquidez ser menor ou igual a 25% e índice de plasticidade menor ou igual a 6%.

Além do CBR, outro vertente que deve ter sua importância é o fator de trafegabilidade o número N, cujo volume de tráfego é feito pelo volume médio diário (V_m) durante um período estimado de P anos, sendo usual estipular um valor $P=10$ anos em atributo do tempo médio de vida de um pavimento. O valor “t”, contido na equação a seguir, relata uma taxa de progressão geométrica, de acordo com a IPR-719/DNIT (2006);

$$V_m = \frac{V_1[2 + (P - 1)t/100]}{2}$$

Em seguida, é calculado o valor total do tráfego (V_t), durante o período estimado, por meio da seguinte equação:

$$V_t = \frac{365V_1\left[\left(1 + \frac{t}{100}\right)^P - 1\right]}{t/100}$$

Conhecido o valor de V_t , calcula-se o valor do número N, onde F.E é o fator de eixo; F.C é o fator de carga e F.V é o fator de veículo, ou seja, um número que multiplicando pelo número de veículos que operam, resulta no número de eixos equivalentes ao eixo padrão, conforme as fórmulas a seguir:

$$N = V_t * (F*E) * (F*C) (F*E) * (F*C) = FV$$

$$N = V_t*(FV)$$

O valor do número N é um fator determinante para a obtenção da espessura mínima do revestimento, pois de acordo com seu volume de tráfego, é possível determinar a espessura do revestimento asfáltico, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Espessura mínima de revestimento betuminoso

N	Espessura mínima de Revestimento betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Fonte: DNIT 2006

Com os valores conquistados por meio do ensaio de CBR e através do cálculo do número N, é possível definir a espessura do pavimento, com apoio no ábaco de dimensionamento figura 4.

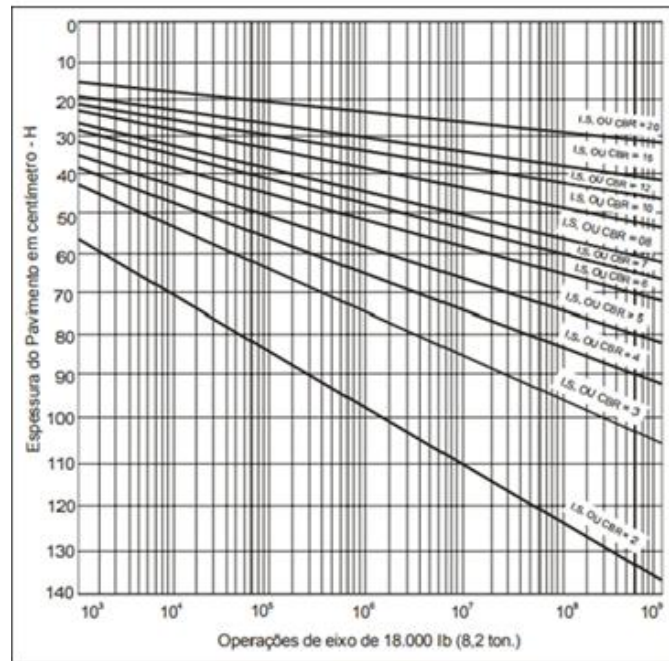


Figura 6: Determinar a espessura do pavimento

Fonte: DNIT 2006

Cabe ao projetista estabelecer quais os materiais que serão aplicado no projeto de pavimentação. No entanto, dependendo do tipo de material escolhido, devem ser utilizados como parâmetro de cálculo os valores K (coeficiente de equivalência estrutural), contidos na Tabela 2.

Tabela 2: Coeficiente de equivalência estrutural

Componentes do pavimento	coeficiente K
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação a densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação a densa	1,40
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,20
Camadas granulares	1,00
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 Kg/cm	1,70
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 45 Kg/cm e 28 kg/cm	1,40
idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 28 kg/cm e 21 kg/cm	1,20

Fonte: DNIT 2006

De propriedade dos dados obtidos por meio da Tabela 1, do TSD e da Tabela 2 é possível criar o dimensionamento do pavimento por meio das inequações abaixo, de acordo com IPR-719/DNIT (2006):

$$R.KR + B.KB = H_{20} \quad (1)$$

$$(R.KR) + (B.KB) + (h_{20}.KS) = H_n \quad (2)$$

$$(R.KR) + (B.KB) + (h_{20}.KS) + (H_n.KREF) = H_m \quad (3)$$

Onde:

R: espessura da camada de revestimento

KR: coeficientes de equivalência estrutural do revestimento

B: espessura da camada de base

KB: coeficientes de equivalência estrutural da base

H₂₀: espessura obtida no ábaco, relativa a um valor de CBR de 20%

h₂₀: espessura da camada de sub-base

KS: coeficientes de equivalência estrutural da camada de sub-base

H_n: espessura obtida no ábaco, relativa a um valor de CBR do reforço de subleito;

h_n: espessura da camada de reforço de subleito;

K_{ref}: coeficientes de equivalência estrutural do reforço de subleito;

H_m: espessura obtida no ábaco, relativa a um valor de CBR do subleito.

2.8 CLASSIFICAÇÕES DOS PAVIMENTOS SEGUNDO O TRÁFICO

Os pavimentos podem ser classificados em função do tipo de tráfego diário: muito leve, leve, médio, pesado e muito pesado. (JÚNIOR, 1992).

As definições de cada um destes tipos de tráfego, ainda segundo Júnior (1992), são as seguintes:

- a) Muito leve: o fluxo de veículo é de até três veículos comerciais por dia;
- b) Leve: o fluxo de veículos é de até 50 veículos comerciais por dia;
- c) Médio: o fluxo de veículos é entre 51 a 400 veículos comerciais por dia;
- d) Pesado: o fluxo de veículos é entre 401 e 2000 veículos comerciais por dia;
- e) Muito pesado: fluxo é acima de 2001 veículos comerciais por dia.

No quadro 1 são apresentados os parâmetros para a classificação de vias de acordo com o tráfego.

QUADRO 1 – CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS E PARÂMETROS DE TRÁFEGO

Função Predominante	Trafégo Previsto	Vida de Projeto (a)
Via local residencial	Leve	10
Via coletora secundária	médio	10
Via coletora principal	Meio Pesado	10
Via arterial	Pesado	12
Via arterial principal	Muito Pesado	12

Fonte: Prefeitura de São Paulo – IP 02 (2004)

De acordo com o DETRAN-TO as vias urbanas são as ruas, avenidas ou demais caminhos abertos à circulação pública localizada dentro das cidades e podem ser classificadas em: local, coletor e arterial. Abaixo segue a descrição de cada uma destas vias.

- a) Local: destinadas ao acesso local e a áreas restritas, não possuem semáforos e a velocidade máxima permitida é de 30 km/h;
- b) Coletora: distribui o trânsito na entrada e saída de vias artérias e a velocidade máxima permitida é de 40 km/h;
- c) Arterial: fornece acesso às vias coletoras e locais, sendo geralmente controlada por semáforos, e a velocidade máxima permitida é de 60 km/h.

2.9 CONCEITOS DE PAVIMENTO DE BAIXO CUSTO

Um pavimento para ser considerado de baixo custo deve atender, quando:

- a) Utilizar bases constituídas de solos locais e naturais, ou em misturas, com custos substancialmente inferiores às bases convencionais tais como: brita graduada, solo-cimento, macadame hidráulico ou macadame betuminoso;
- b) Utiliza revestimento betuminoso esbelto do tipo tratamento superficial ou concreto betuminoso a quente, com espessura de, no máximo, 3,0 cm.
- c) É dimensionado para atender o tráfego:
 - Urbano, de muito leve a leve de acordo com o item anterior.
 - Rodoviário, com VDM inferior a 1500 veículos, com no máximo 30% de veículos comerciais, e com o $N < 5 \times 10^6$ solicitações do eixo solicitações do eixo simples padrão de 80 km -> sistema SI. (VILIBOR, 2009)

3. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho visa falar sobre os revestimentos externos, salientando o potencial do CBUQ em comparação ao TSD, através de pesquisa de material bibliográfico, como referência teórica, analisando o projeto preexistente e orçamento de revestimento e seus custos/benefícios.

Sabendo que as etapas deste trabalho são: recolhimento do material bibliográfico, delimitar o local de estudo, análise do orçamento e do projeto e conclusão de todos os dados recolhidos.

3.1. TRECHO A SER ESTUDO

O trecho utilizado para a análise comparativa entre os pavimentos flexíveis tem uma área de 47225,78 m². Nesse local ha lugares onde não existe pavimentação, e está localizado na capital do Tocantins, tendo como início nos pontos de latitude 10°13'49.41''S e longitude 48°20'51.82''O e como término nos pontos latitude 10°13'51.96''S e longitude 48°22'3.34''O.

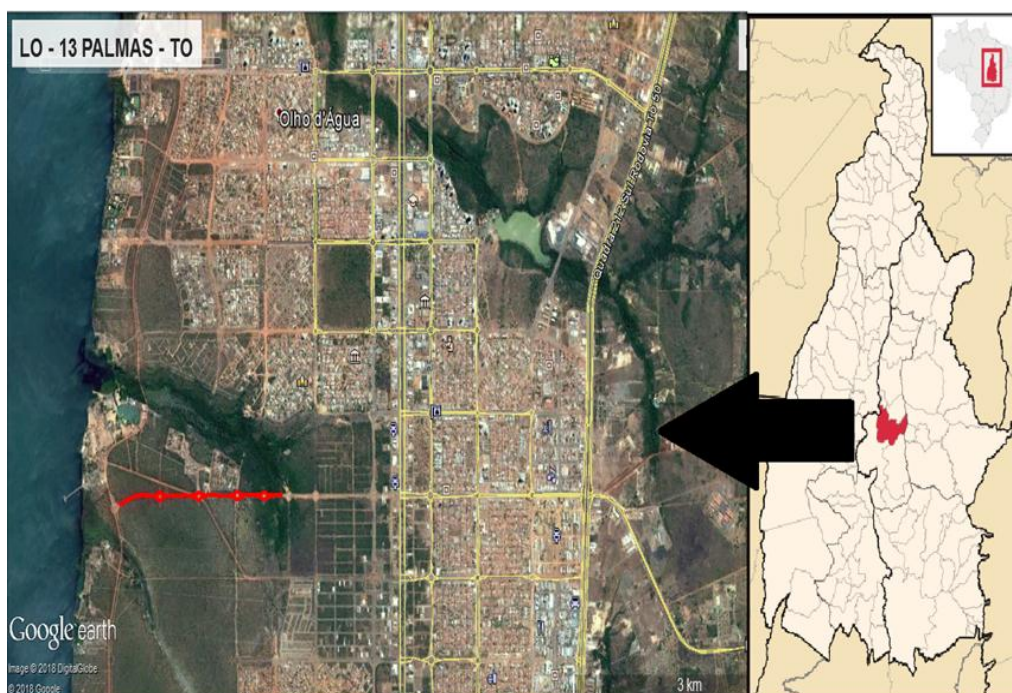


Figura 7: trecho adotado para estudo a LO-13.

FONTE: Google Earth

3.2 OBJETO DE ESTUDO

Será elaborado por planilha eletrônica (EXCEL, 2013) orçamentos dos materiais a ser comparado, utilizando o SINAPI – índice da construção civil, onde serão definidos os custos para execução de cada material estudado.

Para a pesquisa será considerado serviços com materiais de origem comercial, a figura 6 mostra um modelo de composição de custo para a execução de uma Regularização de sub-leito, abrangendo homogeneização, umedecimento e compactação.

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	ORIGEM DE PREÇO	CUSTO TOTAL
VÍNCULO.....: CAIXA REFERENCIAL				
72961	REGULARIZACAO E COMPACTACAO DE SUBLREITO ATE 20 CM DE ESPESURA	M2	AS	1,15
96387	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB BASE COM SOLO ESTABILIZADO GRA NULOMETRICAMENTE - EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE E SOLO. AF_09/2017	M3	AS	6,01
96388	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB BASE COM SOLO PREDOMINANTEMENTE E ARENOSO - EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE E SOLO. AF_09/2017	M3	AS	5,72
96389	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB BASE COM SOLO MELHORADO COM CIMENTO (TEOR DE 2%) - EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE E SOLO. AF_09/2017	M3	AS	32,46
96390	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB BASE COM SOLO MELHORADO COM CIMENTO (TEOR DE 4%) - EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE E SOLO. AF_09/2017	M3	AS	55,84
96391	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB BASE COM SOLO CIMENTO (TEOR DE 6%) - EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE E SOLO. AF_09/2017	M3	AS	78,82
96392	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB BASE COM SOLO CIMENTO (TEOR DE 8%) - EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE E SOLO. AF_09/2017	M3	AS	105,99
96396	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB BASE COM BRITA GRADUADA SIMPLES - EXCLUSIVE CARGA E TRANSPORTE. AF_09/2017	M3	AS	83,09
96397	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB BASE COM BRITA GRADUADA TRATADA	M3	AS	126,50

Figura 8: Regularização de sub-leito, abrangendo homogeneização, umedecimento e compactação conforme o SINAPI.

Fonte: SINAPI

Após elaboração da planilha orçamentária, será gerado gráfico para um melhor entendimento das diferenças financeiras de cada tipo de revestimento flexível a ser analisado. Bem como, a construção da curva ABC, com o objetivo de determinar os produtos mais importantes na execução de cada revestimento.

3.3 VIABILIDADE

Como feito por (BARUFI, 2013), será apontados vantagens e desvantagens para de cada tipo de revestimento asfáltico a ser analisado, e viabilidade econômica da escolha do tipo do material, levando em consideração a vida útil de cada tipo de pavimento, tendo com referência a agência tocantinense de transporte e obras que se baseia com o manual de restauração de pavimento asfálticos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO CBUQ

A planilha orçamentária do revestimento asfáltico CBUQ, é onde foram detalhados todos os materiais, unidade, quantidade, preço unitário e preço total de cada item, e com isso possam ter o custo total para execução do pavimento.

Tabela 3: Planilha orçamentária do revestimento asfáltico CBUQ.

PLANILHA ORÇAMENTARIA						
CONCRETO BATUMINOSO A QUENTE						Data base:
	LO-13 PALMAS-TO	PAVIMENTAÇÃO =	47.225,78	m ²	SINAPI - JAN/2018	
ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	PREÇO		CÓDIGO SINAPI
				UNITÁRIO	TOTAL	
1.0	SERVIÇOS PRELIMINARES					
1.1	Levantamento Topográfico	m ²	47225,78	0,26	12.278,70	78472
	TOTAL DO ITEM				12.278,70	
2.0	TERRAPLENAGEM					
	SUB-LEITO					
2.1	Regularização de sub-leito, abrangendo homogeneização, umedecimento e compactação.	m ²	47225,78	1,10	51.948,36	72961
	BASE					
2.2	Desmatamento, limpeza e expurgo de jazida	m ²	13774,19	0,31	4.270,00	73903/001
2.3	Escavacao E Carga Material 1a Categoria, Utilizando Trator De Esteiras Em Jazida	m ³	7083,87	2,75	19.480,63	74151/001
2.4	Transporte de material escavado da jazida de 1ª categoria DMT=41,00 km	m ³ x km	363048,18	0,69	250.503,25	83356
2.5	Sub - Base estabilizada granulometricamente sem mistura (com 15 cm. de altura)	m ³	7083,87	5,50	38.961,27	96388
	BASE					
2.6	Escavacao E Carga Material 1a Categoria, Utilizando Trator De Esteiras Em Jazida	m ³	9445,16	3,32	31.357,92	74151/001
2.7	Transporte de material escavado da jazida de 1ª categoria DMT=41,00 km	m ³ x km	484064,25	0,69	334.004,33	83356
2.8	Base estabilizada granulometricamente sem mistura (com 20 cm. de altura)	m ³	9445,16	5,50	51.948,36	96388
	TOTAL DO ITEM				782.474,11	
3.0	PAVIMENTAÇÃO					
3.1	Imprimação com CM-30	m ²	47225,78	4,08	192.681,18	96401
3.2	Transporte Comercial de Material Betuminoso (CM-30)	txkm	2323,51	1,38	3.206,44	93177
3.3	transporte comercial com caminhao basculante, rodovia pavimentada - CBUQ	m ³ xkm	96812,85	0,89	86.163,44	95303
3.4	CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTO COM APLICAÇÃO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ), CAMADA DE ROLAMENTO, COM ESPESSURA DE 5,0 CM	m ³	2361,29	683,72	1.614.460,52	95995
	TOTAL DO ITEM				1.896.511,57	
	TOTAL				2.691.264,39	
	BDI			29,77%	801.189,41	
	SUB TOTAL GERAL				3.492.453,80	

Fonte: Autor

4.1.1 Curva ABC do revestimento asfáltico CBUQ

A curva ABC do revestimento asfáltico CBUQ, é onde nos possibilitam a perceber quais são os itens que tem um maior custo e quanto esse item representa em porcentagem em relação toda a obra.

Tabela 4: Curva ABC do revestimento asfáltico CBUQ

Item	Produtos	Preço	Quantide	Total	Participação	Soma da participação	Curva ABC	CLASSE	CORTE	PORPORÇÃO DE SkUs	Proporção de valores
3.4	CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTO COM APLICAÇÃO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ), CAMADA DE ROLAMENTO, COM ESPESSURA DE 5,0 CM	683,72	2361,29	1614460,52	59,99%	59,99%	A	A	80%	15,38%	72%
2.7	Transporte de material escavado da jazida de 1ª categoria DMT=41,00 km	0,69	484064,25	334004,33	12,41%	72,40%	A	B	95%	30,77%	22%
2.4	Transporte de material escavado da jazida de 1ª categoria DMT=41,00 km	0,69	363048,18	250503,25	9,31%	81,71%	B	C	100%	53,85%	6%
3.1	Imprimação com CM-30	4,08	47225,78	192681,18	7,16%	88,87%	B				
3.3	transporte comercial com caminhão basculante, rodovia pavimentada - CBUQ	0,89	96812,85	86163,44	3,20%	92,07%	B				
2.1	Regularização de sub-leito, abrangendo homogeneização, umedecimento e compactação.	R\$ 1,10	47225,78	51948,36	1,93%	94,00%	B				
2.8	Base estabilizada granulometricamente sem mistura (com 20 cm. de altura)	5,50	9445,16	51948,36	1,93%	95,93%	C				
2.5	Sub - Base estabilizada granulometricamente sem mistura (com 15 cm. de altura)	5,50	7083,87	38961,27	1,45%	97,38%	C				
2.6	Escavacao E Carga Material 1a Categoria, Utilizando Trator De Esteiras Em Jazida	3,32	9445,16	31357,92	1,17%	98,54%	C				
2.3	Escavacao E Carga Material 1a Categoria, Utilizando Trator De Esteiras Em Jazida	2,75	7083,87	19480,63	0,72%	99,27%	C				
1.1	Levantamento Topográfico	R\$ 0,26	47225,78	12278,70	0,46%	99,72%	C				
2.2	Desmatamento, limpeza e expurgo de jazida	0,31	13774,19	4270,00	0,16%	99,88%	C				
3.2	Transporte Comercial de Material Betuminoso (CM-30)	1,38	2323,51	3206,44	0,12%	100,00%	C				
			TOTAL	2691264,39							

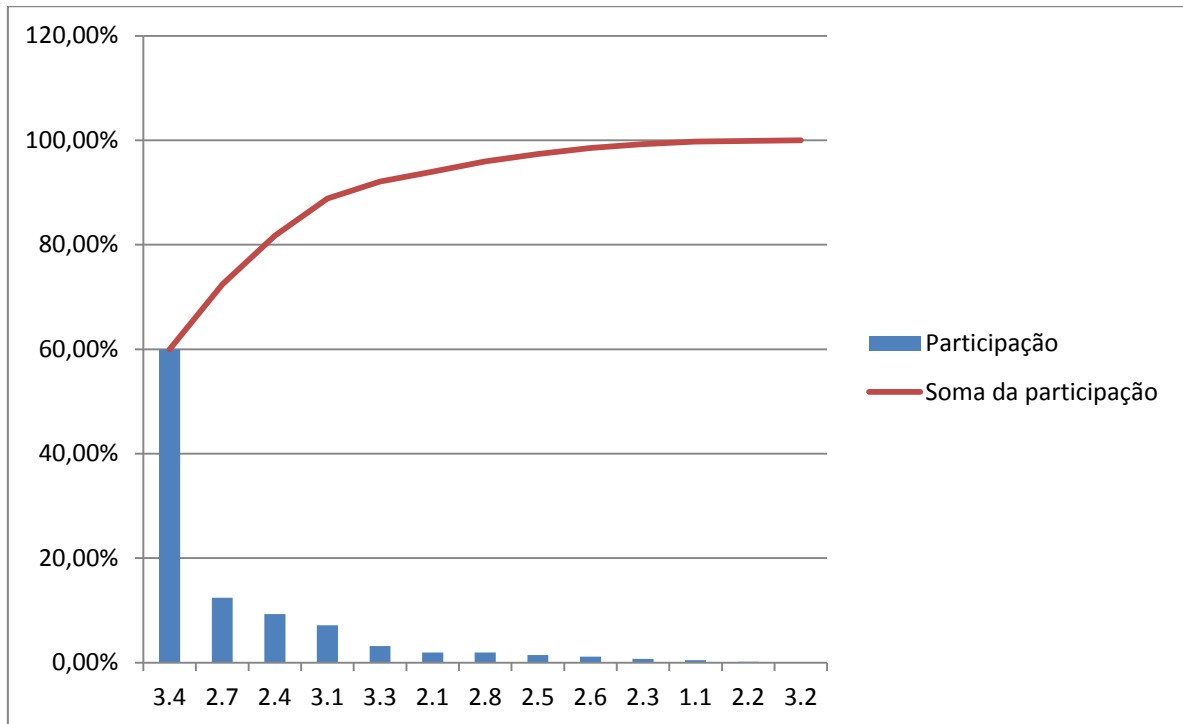
Fonte: Autor

Com base nessa na tabela da curva ABC do revestimento asfáltico CBUQ, podemos notar que o custo da construção de pavimento com aplicação de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), camada de rolamento, com espessura de 5 cm e o transporte dos matérias lescavado da jazida de 1º categoria DMT=41 km, tem uma representatividade de 81,71% do custo total do pavimento.

4.1.1.1 Gráfico de Curva ABC do revestimento asfáltico CBUQ

O gráfico da curva ABC do revestimento asfáltico CBUQ, é onde vemos a representação gráfica dos itens de maior e menor valor na construção do pavimento.

Gráfico 1: Curva ABC do revestimento asfáltico CBUQ



Fonte: Autor

4.2 PLANILHA ORÇAMETÁRIA DO REVESTIMENTO ASFÁLTICO TSD

A planilha orçamentária do revestimento asfáltico TSD, é onde foram detalhados todos os materiais, unidade, quantidade, preço unitário e preço total de cada item, e com isso possam ter o custo total para execução do pavimento.

Tabela 5: Planilha orçamentária do revestimento asfáltico TSD.

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA						
TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPLO				Data base:		
	LO-13 PALMAS -TO	PAVIMENTAÇÃO =	47.225,78	m²	SINAPI - JAN/2018	
ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	PREÇO		CÓDIGO SINAPI
				UNITÁRIO	TOTAL	
1.0	SERVIÇOS PRELIMINARES					
1.1	Levantamento Topográfico	m²	47225,78	0,26	12.278,70	78472
	TOTAL DO ITEM				12.278,70	
2.0	TERRAPLENAGEM					
	SUB-LEITO					
2.1	Regularização de sub-leito, abrangendo homogeneização, umedecimento e compactação.	m²	47225,78	1,10	51.948,36	72961
	SUB-BASE					
2.2	Desmatamento, limpeza e expurgo de jazida	m²	17709,67	0,31	5.490,00	73903/001
2.3	Escavacao E Carga Material 1a Categoria, Utilizando Trator De Esteiras Em Jazida	m³	9445,16	2,75	25.974,18	74151/001
2.4	Transporte de material escavado da jazida de 1ª categoria DMT=41,00 km	m³ x km	484064,25	0,69	334.004,33	83356
2.5	Sub - Base estabilizada granulometricamente sem mistura (com 20 cm. de altura)	m³	9445,16	5,50	51.948,36	96388
	BASE					
2.6	Escavacao E Carga Material 1a Categoria, Utilizando Trator De Esteiras Em Jazida	m³	11806,45	3,32	39.197,40	74151/001
2.7	Transporte de material escavado da jazida de 1ª categoria DMT=41,00 km	m³ x km	605080,31	0,69	417.505,41	83356
2.8	Base estabilizada granulometricamente sem mistura (com 25 cm. de altura)	m³	11806,45	5,50	64.935,45	96388
	TOTAL DO ITEM				991.003,48	
3.0	PAVIMENTAÇÃO					
3.1	Imprimação com CM-30	m²	47225,78	4,08	192.681,18	96401
3.2	Transporte Comercial de Material Betuminoso (CM-30)	txkm	2323,51	1,38	3.206,44	93177
3.3	transporte comercial com caminhao basculante, rodovia pavimentada - brita 1	m³xkm	32177,68	0,69	22.202,60	83356
3.4	transporte comercial com caminhao basculante, rodovia pavimentada - brita 0	m³xkm	16898,24	0,69	11.659,79	83356
3.5	Transporte Comercial de Material Betuminoso (RR-2C)	txkm	5808,77	1,38	8.016,10	93177
3.6	Tratamento superficial duplo com emulsão RR-2C	m²	47225,78	6,16	290.910,80	97805
3.7	Capa Selante	m²	47225,78	3,11	146.872,18	73760/001
	TOTAL DO ITEM				675.549,10	
	TOTAL				1.678.831,28	
	BDI			29,77	499.788,07	
	SUB TOTAL GERAL				2.178.619,35	

Fonte: Autor

4.2.2 Curva ABC do revestimento asfáltico TSD

A curva ABC do revestimento asfáltico TSD, o que nos possibilitam a perceber quais são os itens que tem um maior custo e quanto esse item representa em porcentagem em relação toda a obra.

Tabela 6: Curva ABC do revestimento asfáltico TSD

Item	Produto	Quantidade	Preço	Total	Participação	Soma de participação	Curva ABC	Classe	Corte	Proporção do SKUs	proporção de valores
2.7	Transporte de material escavado da jazida de 1ª categoria DMT=41,00 km	484064,25	0,69	334.004,33	22,72%	22,72%	A	A	80%	25,00%	72,64%
3.6	Tratamento superficial duplo com emulsão RR-2C	47225,78	6,16	290.910,80	19,79%	42,50%	A	B	95%	31,25%	21,84%
2.4	Transporte de material escavado da jazida de 1ª categoria DMT=41,00 km	363048,18	0,69	250.503,25	17,04%	59,54%	A	C	100%	43,75%	5,52%
3.1	Imprimação com CM-30	47225,78	4,08	192.681,18	13,10%	72,64%	A				
3.7	Capa Selante	47225,78	3,11	146.872,18	9,99%	82,63%	B				
2.8	Base estabilizada granulometricamente sem mistura (com 20 cm. de altura)	9445,16	5,50	51.948,36	3,53%	86,17%	B				
2.1	Regularização de sub-leito, abrangendo homogeneização, umedecimento e compactação.	47225,78	1,10	51.948,36	3,53%	89,70%	B				
2.5	Sub - Base estabilizada granulometricamente sem mistura (com 15 cm. de altura)	7083,87	5,50	38.961,27	2,65%	92,35%	B				
2.6	Escavacao E Carga Material 1a Categoria, Utilizando Trator De Esteiras Em Jazida	9445,16	3,32	31.357,92	2,13%	94,48%	B				
3.3	transporte comercial com caminhao basculante, rodovia pavimentada - brita 1	32177,68	0,69	22.202,60	1,51%	95,99%	C				
2.3	Escavacao E Carga Material 1a Categoria, Utilizando Trator De Esteiras Em Jazida	7083,87	2,75	19.480,63	1,32%	97,32%	C				
1.1	Levantamento Topográfico	47225,78	0,26	12.278,70	0,84%	98,15%	C				
3.4	transporte comercial com caminhao basculante, rodovia pavimentada - brita 0	16898,24	0,69	11.659,79	0,79%	98,95%	C				
3.5	Transporte Comercial de Material Betuminoso (RR-2C)	5808,77	1,38	8.016,10	0,55%	99,49%	C				
2.2	Desmatamento, limpeza e expurgo de jazida	13774,19	0,31	4.270,00	0,29%	99,78%	C				
3.2	Transporte Comercial de Material Betuminoso (CM-30)	2323,51	1,38	3.206,44	0,22%	100,00%	C				
			Total	1.470.301,91							

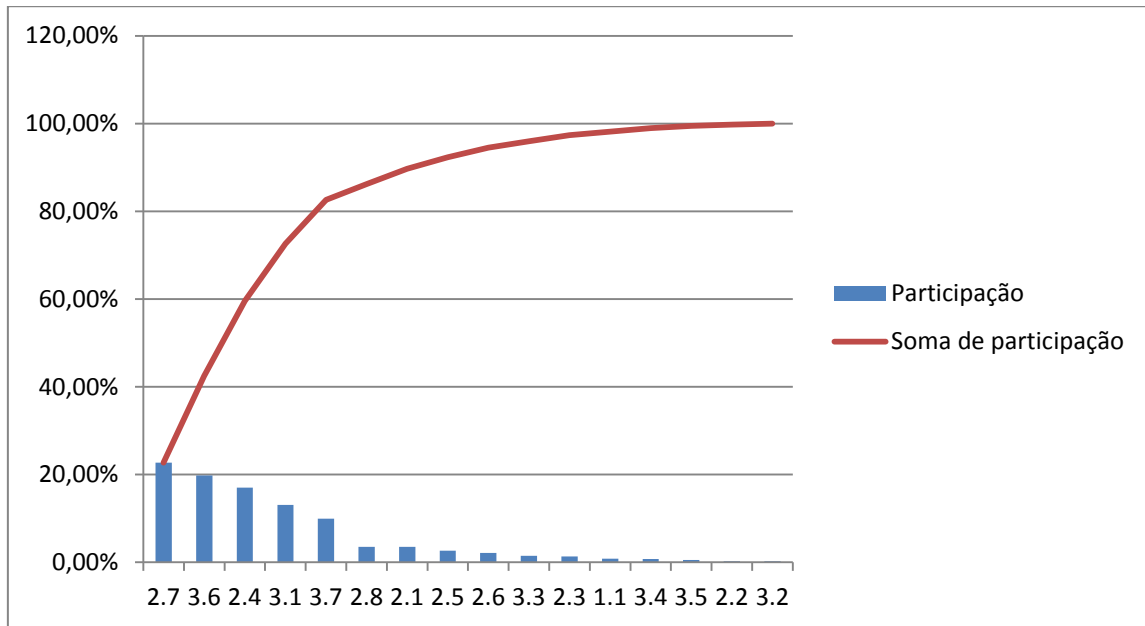
Fonte: Autor

Com base nessa na tabela da curva ABC do revestimento asfáltico TSD, podemos notar que o custo do transporte de material escavado de 1ª categoria DMT=41 km, tratamento superficial com emulsão RR-2C, imprimação com CM-30 e a capa selante, tem uma representatividade de 82,63% do custo total do pavimento.

4.2.2.1 Gráfico de Curva ABC do revestimento asfáltico TSD

O gráfico da curva ABC do revestimento asfáltico TSD, é onde vemos a representação gráfica dos itens de maior e menor valor na construção do pavimento.

Gráfico 2: Curva ABC do revestimento asfáltico CBUQ

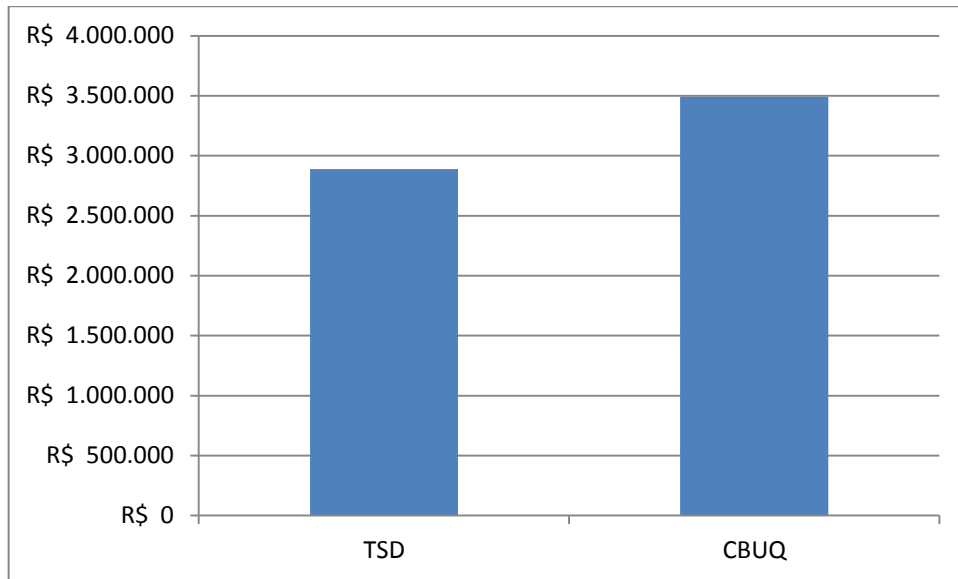


Fonte: Autor

4.3 GRÁFICO COMPARATIVO DE CUSTO DOS DOIS REVESTIMENTOS PROPOSTO

No custo total da obra localizada na cidade de Palmas - TO, a execução do pavimento em CBUQ tem um custo inicial de R\$ 3.492.453,80 e o TSD de R\$ 2.178.619,35, gerando uma diferença de um pouco mais do que 60% no custo inicial.

Gráfico 3: Gráfico comparativo de custo dos dois revestimentos proposto



Fonte: Autor

4.4 MANUTENÇÕES DO PAVIMENTO NO PERÍODO DE 10 ANOS

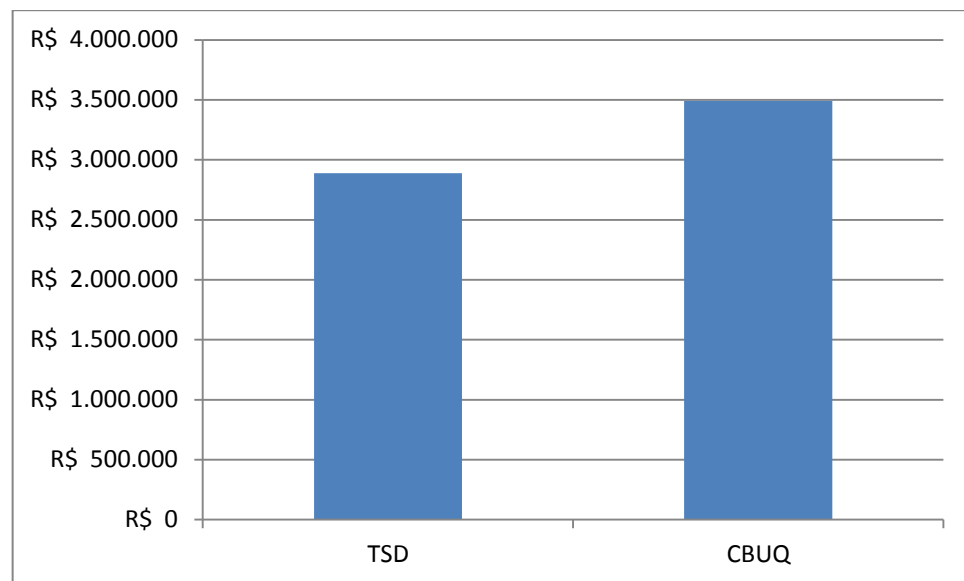
O concreto betuminoso a quente (CBUQ) segundo a agência tocantinense de transporte e obras (AGETO) não terá a necessidade de uma manutenção corretiva no período de 10 anos. Já o tratamento superficial duplo (TSD) precisará um rejuvenescimento na camada asfáltica no 4º ao 6º ano e isso implicará custo conforme a tabela 7.

Tabela 7: Planilha orçamentária de manutenção do TSD

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA						
TRATAMENTO SUPERFICIAL DUPLO					Data base:	
	LO-13 PALMAS -TO	PAVIMENTAÇÃO =	47.225,78	m²	SINAPI - JAN/2018	
ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	PREÇO		CÓDIGO SINAPI
				UNITÁRIO	TOTAL	
1	PAVIMENTAÇÃO					
1.1	Pintura de ligação com emulsão RR2-C	m²	47225,78	1,36	64.227,06	96401
1.2	Transporte Comercial de Material Betuminoso (CM-30)	txkm	2323,51	1,38	3.206,44	93177
1.3	transporte comercial com caminhao basculante, rodovia pavimentada - brita 1	m³xkm	32177,68	0,69	22.202,60	83356
1.4	transporte comercial com caminhao basculante, rodovia pavimentada - brita 0	m³xkm	16898,24	0,69	11.659,79	83356
1.5	Transporte Comercial de Material Betuminoso (RR-2C)	txkm	5808,77	1,38	8.016,10	93177
1.6	Tratamento superficial duplo com emulsão RR-2C	m²	47225,78	6,16	290.910,80	97805
1.7	Capa Selante	m²	47225,78	3,11	146.872,18	73760/001
	TOTAL DO ITEM				547.094,97	
	TOTAL				547.094,97	
	BDI			29,77	162.870,17	
	SUB TOTAL GERAL				709.965,15	

Fonte: Autor

Gráfico 4: Gráfico comparativo de custo dos dois revestimentos proposto, após sua manutenção.



Fonte: Autor

Podemos constatar que mesmo com a manutenção corretiva que o TSD necessitará para alcançar o período de vida útil de 10 anos o CBUQ se torna mais caro em torno de 21%.

4.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Revestimento	Vantagens	Desvantagens
CBUQ	Rápida aplicação; Processo Industrial (Usinagem); Liberação do tráfego imediata; Função impermeabilizante e estética; Envelhecimento lento; Não exige cura; Menor desagregação;	Maquinário específicos; Componentes difícil de ser encontrado; Maior custo
TSD	Maquinário Simples; Os componentes pode ser encontrados facilmente; menor custo	Aplicação demorada; processo artesanal; Não pode ser aplicado em local úmido com possibilidade de chuva; Infiltração de água; Maior desgaste; Maior desagregação; demora na liberação do tráfego

Fonte: BARUFI, 2013

5 CONCLUSÃO

O estudo de custo foi desenvolvido nesse trabalho com a finalidade de que tenha uma visão mais clara de custo dos pavimentos flexível mais utilizado na cidade de Palmas-TO, análise essa que foi comparado dois métodos distintos, pois um tipo artesanal e outro industrial, no entanto com a mesma finalidade. O CBUQ é controlado com ensaios tecnológicos e é fabricado em usinas devidamente aferidas, ocorrendo assim um processo industrializado, havendo mais segurança e qualidade em sua execução, já o TSD é um processo artesanal, não precisando seguir um devido controle tecnológico.

Portanto a delimitação de onde se encontra a usina de CBUQ e a jazida para retirada do material para execução do TSD interfere significativamente para a escolha do pavimento mais viável economicamente. Com uma Obra distante do da Usina de CBUQ, a aplicação do mesmo se torna menos viável devido à temperatura do CBUQ não podendo cair de 20°C, e o valor do transporte, Já o TSD podendo a brita ser comprado no depósito e/ou pedreira da própria cidade e aplicada no local, sendo o CBUQ um material específico. Arrematando-se que cada em cada local de aplicação um se torna mais viável que o outro.

Por isso o TSD é um material mais economicamente para a pavimentação da LO-13, pois a usina do CBUQ está localizada em uma distância significativa da avenida.

Recomenda – se para trabalhos futuros estudos mais detalhados com relação a custo de manutenções dos dois sistemas.

REFERÊNCIAS

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

BARUFI, Bruno Rafaele. **VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DO CBUQ 2 CM AO TST PARA PAVIMENTAÇÃO (TRÁFEGO LEVE) DE VIAS URBANAS**. 2013. 38 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

BERNUCCI, Leide Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti da; CERATTI, Jorge Augusto Perreira. **Pavimentação asfáltica**: Formação básica para Engenheiros. 3. ed. Rio de Janeiro: Abeda, 2010.

BUDNY, Jaelson. **Avaliação dos Efeitos de Diferentes Tipos de Cal em Misturas de Concreto Asfáltico**. Ijuí: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2009. Disponível em: <<http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/2010/03/TCC-Jaelson-Budny.pdf>>. Acesso em: 13 mai. 2017.

Brasil. **Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes**. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de pavimentação. 3.ed. – Rio de Janeiro

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **NORMA DNIT 031/2006 - ES**: Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico - Especificação de serviço. Rio de Janeiro – Rj: Dnit, 2006. 14 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **NORMA DNIT 147/2012 - ES**: Pavimentação asfáltica - tratamento superficial duplo - especificação de serviço. Rio de Janeiro – Rj: Dnit, 2012. 10 p.

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

MATOS, Evaldo L; BENKENDORF, Mauricio. **Caracterização física e mecânica em laboratório de resíduos de fresagem de pavimentação asfáltica para utilização em base e sub-base de pavimento.** Curitiba: Universidade Positivo, 2010.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **NORMA 139/2010:** Pavimentação – Sub-base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço. Rio de Janeiro: Dint, 2010. 8 p.

NAKAMURA, Juliana. **Pavimentação Asfáltica - Os tipos de revestimentos, o maquinário necessário e os cuidados na contratação.** Revista eletrônica Infraestrutura Urbana. São Paulo: PINI, dez. 2011. Edição 16. 2011. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/16/pavimentacao-asfaltica-os-tipos-de-revestimentos-o-maquinario-necessario-260588-1.aspx>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

PEREIRA, Synardo Leonardo de Oliveira. **AVALIAÇÃO DOS TRATAMENTOS SUPERFICIAIS SIMPLES, DUPLO E TRIPLO DE RODOVIAS ATRAVÉS DO EMPREGO DE DIFERENTES AGREGADOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA.**2013. 212 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-ce, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/ri/bitstream/riufc/11170/1/2013_dis_slopereira.pdf>. Acesso em: 13 mai. 2017.

RAMALHO, Adeilzia Maria Coêlho. **Análise das tensões e deformações em camadas de pavimentos flexível.** 2010. 166 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação.** 2. ed. São Paulo: Pini, 2007. 361 p.

VILIBOR, Douglas Fadul. **Pavimentos de baixo custo para vias urbanas.**2. ed. São Paulo: Arte e Ciência, 2009.

ZAGONEL, Ana R. **Inovações em revestimentos asfálticos utilizados no Brasil.**

Ijuí: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2013.