



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**

**GUILHERME HENRIQUE SILVEIRA REIS**

**JOÃO VITOR DA SILVA SOUZA**

**ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA DA ALTERNATIVA DE USO DE  
LAJOTAS NA REVITALIZAÇÃO DA ORLA DO MAR GROSSO NA  
CIDADE DE LAGUNA/SC**

Tubarão

2023

**GUILHERME HENRIQUE SILVEIRA REIS**  
**JOÃO VITOR DA SILVA SOUZA**

**ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA DA ALTERNATIVA DE USO DE  
LAJOTAS NA REVITALIZAÇÃO DA ORLA DO MAR GROSSO NA  
CIDADE DE LAGUNA/SC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade  
do Sul de Santa Catarina como requisito parcial  
à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof. Lucimara Aparecida Schambeck Andrade, Ms.

Tubarão

2023

**GUILHERME HENRIQUE SILVEIRA REIS**  
**JOÃO VITOR DA SILVA SOUZA**

**ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA DA ALTERNATIVA DE USO DE  
LAJOTAS NA REVITALIZAÇÃO DA ORLA DO MAR GROSSO NA  
CIDADE DE LAGUNA/SC**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 16 de junho de 2023.

---

Professora e orientadora Lucimara Aparecida Schambeck Andrade, Ms.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

---

Prof. Maurício Alberto Büchele Motta, Esp.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

---

Prof. Douglas Amaral Silva, Bel.  
Eraldo Construções Ltda.

Dedicamos este trabalho aos nosso Pais e Avós, pessoas que serviram, desde nossas infâncias, como exemplos de força e dedicação. Não é possível expressar em palavras nossa gratidão pelos sacrifícios feitos para que chegássemos onde estamos hoje.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos nossos familiares, pelo apoio, incentivo incondicional e compreensão desde o início dessa jornada. Sem eles, nada seríamos.

Aos amigos e colegas que caminharam conosco durante todo o período, nos auxiliando durante todo o processo.

Aos profissionais que nos cederam seu tempo e conhecimento, fornecendo informações sem as quais, direta ou indiretamente, este trabalho não teria sido possível.

À professora Lucimara, pela orientação, correções, ensinamentos, conselhos e pela paciência.

À UNISUL e seus professores, pela formação profissional, dedicação e pelo aprendizado que recebemos ao longo do curso.

“Há uma forma melhor de fazer isto. Encontre-a.” (Thomas Edison).

## RESUMO

Este trabalho visa realizar uma comparação entre a utilização de blocos de concreto intertravado sextavado, popularmente conhecidos como lajotas, e o concreto asfáltico usinado a quente (CAUQ). Analisando as características técnicas e orçamentárias de ambos os sistemas, foi realizado o dimensionamento do primeiro método supracitado e comparado com o projeto aprovado pela Prefeitura Municipal de Laguna, que prevê a aplicação de pavimento flexível na revitalização da Avenida Maurílio Kfourri, localizada na beira-mar da Praia do Mar Grosso, na cidade de Laguna/SC. Foram utilizados os laudos e ensaios de solo encomendados pelo governo municipal, bem como seu projeto de dimensionamento através do método do DNER e, em seguida, utilizado o método recomendado pela ABCP para comparar com a hipótese de uso de lajotas na mesma via. Após essa etapa, foram levantados os serviços e materiais necessários para a aplicação da hipótese alternativa em comparação com a aprovada, baseando-se no memorial descritivo, planilhas orçamentárias e plantas de projeto, além de levantamentos próprios e pesquisas de mercado, para a definição da melhor opção no ponto de vista dos autores. Após verificados os resultados, concluiu-se que a pavimentação com lajotas resulta em um custo total da obra mais baixo, devido às etapas adicionais necessárias na pavimentação asfáltica. Além disso, a pavimentação com lajotas oferece vantagens como facilidade de manutenção, reaproveitamento de materiais e simplificação dos reparos. Por outro lado, a pavimentação asfáltica proporciona maior conforto e atratividade, sendo preferível do ponto de vista urbanístico. A automatização das atividades também contribui para um tempo de execução menor. Assim, a escolha entre os dois métodos deve considerar aspectos econômicos, de manutenção, estética e produtividade.

Palavras-chave: Lajota. Concreto Asfáltico. Dimensionamento.

## ABSTRACT

This work aims to make a comparison between the use of hexagonal interlocking concrete blocks, commonly known as "lajotas," and hot-mix asphalt concrete (HMAC). Analyzing the technical and budgetary characteristics of both systems, the sizing of the aforementioned method was carried out and compared with the approved project by the Municipal Government of Laguna, which foresees the application of flexible pavement in the revitalization of Avenida Maurílio Kfourri, located on the waterfront of Mar Grosso Beach, in the city of Laguna/SC. The reports and soil tests commissioned by the municipal government were used, as well as their sizing project through the DNER method, and then the method recommended by ABCP was employed to compare it with the hypothesis of using "lajotas" on the same road. After this stage, the services and materials necessary for the application of the alternative hypothesis were identified and compared with the approved option, based on the descriptive memorandum, budget spreadsheets, project plans, as well as our own surveys and market research, to define the best option from the authors' point of view. After examining the results, it was concluded that the pavement with "lajotas" results in a lower total cost of the project due to the additional steps required in asphalt pavement. Additionally, the use of "lajotas" offers advantages such as ease of maintenance, material reuse, and simplified repairs. On the other hand, asphalt pavement provides greater comfort and attractiveness, making it preferable from an urbanistic perspective. The automation of activities also contributes to shorter execution time. Thus, the choice between the two methods should consider economic, maintenance, aesthetic, and productivity aspects.

Keywords: Paver. Asphaltic Concrete. Dimensioning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação dos Revestimentos Flexíveis.....	19
Figura 2 – Classificação dos Revestimentos Rígidos.....	19
Figura 3 – Classificação das bases e sub-bases flexíveis e semirrígidas.....	22
Figura 4 – Fator de Equivalência para Eixo Padrão 8,2ton. ....	29
Figura 5 – Espessura necessária de sub-base.....	29
Figura 6 – Espessura necessária de base .....	30
Figura 7 – Espessura necessária de base puramente granular ( $H_{BG}$ ). ....	31
Figura 8 – Fatores de equivalência de operação entre eixos simples e em “tandem” .....	33
Figura 9 – Determinação da espessura do pavimento .....	37
Figura 10 – Dimensionamento do pavimento.....	38
Figura 11 – Localização de Laguna.....	44
Figura 12 – Localização do Bairro Mar Grosso .....	45
Figura 13 – Localização da Avenida Maurílio KFouri.....	45
Figura 14 – Pavimentação existente .....	46
Figura 15 – Pavimentação conforme o dimensionamento.....	47
Figura 16 – Anexo 09-Planilha Orçamentária, página 01 .....	48
Figura 17 – Anexo 09-Planilha Orçamentária, página 02 .....	49
Figura 18 – Anexo 09-Planilha Orçamentária, página 03 .....	50
Figura 19 – Anexo 09-Planilha Orçamentária, página 04 .....	51
Figura 20 – Anexo 09-Planilha Orçamentária, página 05 .....	52
Figura 21 – Anexo 12 - Composições, página 01.....	53
Figura 22 – Anexo 12 - Composições, páginas 03 e 04. ....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação de peneiras .....	26
Tabela 2 – Espessuras e resistências do revestimento pré-moldado .....	31
Tabela 3 – Determinação de fator de operações.....	34
Tabela 4 – Coeficiente de equivalência estrutural.....	36
Tabela 5 – Espessura mínima do revestimento. ....	36

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Classificação das Vias .....	17
---	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	14
1.2	OBJETIVOS .....	15
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivo Geral</b> .....	<b>15</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>PAVIMENTAÇÃO</b> .....	<b>16</b>
2.1	PAVIMENTAÇÃO NO BRASIL.....	16
<b>2.1.1</b>	<b>Classificação das Vias</b> .....	<b>17</b>
2.2	TIPOS DE PAVIMENTOS .....	17
2.3	TIPOS DE REVESTIMENTOS .....	18
<b>2.3.1</b>	<b>Revestimentos Flexíveis – Por Calçamento</b> .....	<b>19</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Revestimentos Flexíveis – Betuminosos</b> .....	<b>20</b>
2.4	BASES E SUB-BASES .....	21
<b>2.4.1</b>	<b>Bases e Sub-bases Granulares</b> .....	<b>22</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Bases e Sub-bases Estabilizadas (com aditivos)</b> .....	<b>23</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Bases e Sub-bases Rígidas</b> .....	<b>24</b>
2.5	SOLOS .....	24
<b>2.5.1</b>	<b>Umidade Ótima</b> .....	<b>24</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Granulometria</b> .....	<b>24</b>
<b>2.5.3</b>	<b>Limite de Liquidez</b> .....	<b>26</b>
<b>2.5.4</b>	<b>Limite de Plasticidade</b> .....	<b>27</b>
<b>2.5.5</b>	<b>Índice de Suporte Califórnia (<i>California Bearing Ratio</i>)</b> .....	<b>27</b>
2.6	DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO .....	28
<b>2.6.1</b>	<b>Dimensionamento de Lajotas</b> .....	<b>28</b>
2.6.1.1	Procedimento A (ABCP-ET27) .....	28
2.6.1.2	Procedimento B (PCA) .....	31
<b>2.6.2</b>	<b>Dimensionamento do Pavimento Flexível</b> .....	<b>32</b>
2.6.2.1	Dimensionamento do pavimento .....	37
2.7	ETAPAS DA PAVIMENTAÇÃO COM LAJOTAS .....	39
<b>2.7.1</b>	<b>Regularização do Subleito</b> .....	<b>39</b>
<b>2.7.2</b>	<b>Base</b> .....	<b>39</b>
<b>2.7.3</b>	<b>Pavimentação com Lajota Sextavada</b> .....	<b>39</b>

2.8	ETAPAS DA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA.....	39
2.8.1	<b>Regularização do Subleito .....</b>	<b>39</b>
2.8.2	<b>Sub-Base.....</b>	<b>40</b>
2.8.3	<b>Base.....</b>	<b>40</b>
2.8.4	<b>Imprimação.....</b>	<b>40</b>
2.8.5	<b>Pintura de Ligação .....</b>	<b>41</b>
2.8.6	<b>Camada de Concreto Asfáltico Usinado a Quente (CAUQ) .....</b>	<b>41</b>
3	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>42</b>
4	<b>ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>43</b>
4.1	A AVENIDA MAURÍLIO KFOURI.....	43
4.2	LOCALIZAÇÃO .....	43
4.3	CARACTERÍSTICAS DA RUA .....	46
4.4	DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO .....	46
4.4.1	<b>CBR de Projeto.....</b>	<b>46</b>
4.4.2	<b>Determinação do Número “N”.....</b>	<b>46</b>
4.4.3	<b>Dimensionamento das camadas de Pavimento Intertravado .....</b>	<b>47</b>
4.4.3.1	Método “B” .....	47
4.4.3.1.1	<i>Dimensionamento da camada de base .....</i>	<i>47</i>
4.4.3.1.2	<i>Dimensionamento da espessura da lajota .....</i>	<i>47</i>
4.4.3.1.3	<i>Seção Transversal.....</i>	<i>47</i>
5	<b>QUANTITATIVOS E ORÇAMENTO .....</b>	<b>48</b>
6	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>55</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>56</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A pavimentação foi e é um importante pilar da infraestrutura urbana das cidades, considerando que o principal meio de transporte no Brasil é o rodoviário. É pelas estradas, ruas, avenidas e rodovias que passa a nossa economia e, além disso, são por esses caminhos que trafegamos no dia a dia. Com isso em mente, urge a necessidade da preocupação com a qualidade do pavimento, analisando os métodos e materiais disponíveis, e aliando sempre com a questão econômica, buscando um custo-benefício que se adéque às características do local estudado.

Segundo Salomão Pinto e Isaac Eduardo Pinto (2015), os revestimentos betuminosos têm os seguintes objetivos principais:

- a) Suportar as cargas provenientes do tráfego;
- b) Proteger as camadas subjacentes do pavimento;
- c) Ter boa condição de rolamento;
- d) Ter Flexibilidade;
- e) Resistir à ação abrasiva do tráfego;
- f) Resistir ao intemperismo etc.

Laguna tem como uma das suas principais atividades econômicas o turismo, que passa principalmente pela visitação às praias da cidade. Dentre os vários quilômetros litorâneos do município, destaca-se a praia do Mar Grosso, que é costada pela Avenida Maurílio Kfourri. Para esta via, que há muitos anos é pavimentada por lajotas que apresentam diversas patologias, foi aprovado, pelo governo municipal, um projeto de revitalização que prevê uma nova pavimentação asfáltica no local, com valor total orçado em cerca de cinco milhões de reais.

Este trabalho tem por objetivo realizar o dimensionamento e orçamentação da hipótese de pavimentação com nova camada de lajotas, utilizando o método da Associação Brasileira de Cimento Portland, para fins de comparação técnico-orçamentária com o projeto aprovado pela Prefeitura Municipal, utilizando da revisão bibliográfica, estudo de mercado e entendimento do contexto local para justificar a escolha.

### 1.1 JUSTIFICATIVA

A pavimentação asfáltica tem sido a opção mais utilizada no país. A Avenida Maurílio Kfourri está sendo restaurada com concreto betuminoso, que apresenta diversas camadas com espessuras dimensionadas a partir do estudo realizado. Toda a estrutura deve resistir aos

esforços verticais, horizontais e tangenciais. A partir disso, consideramos importante elaborar uma análise da opção para a pavimentação da avenida com pavimento intertravado de concreto, uma vez que a maior parte da mesma já possui esse revestimento, necessitando apenas do restante dos blocos para substituir as pedras (paralelepípedos) que tem sua forma irregular trazendo desconforto para os usuários. A avenida apresentava alguns problemas de fundações da pavimentação, necessitando assim do dimensionamento correto.

Segundo Salomão Pinto e Isaac Eduardo Pinto (2015), as sugestões para utilização dos materiais betuminosos em serviços de pavimentação têm por objetivo principal orientar de forma simples a adequação dos materiais aos diversos tipos de serviços. Contudo, o projetista deve indicar, em função do tipo de problema, os ligantes mais adequados, levando em conta, por exemplo, as condições ambientais, o tráfego esperado, o tipo de agregado, a topografia da região, a estrutura do pavimento proposta, a viabilidade econômica etc.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

O trabalho tem como objetivo principal dimensionar e orçar a pavimentação com lajotas da orla da praia do Mar Grosso, comparando com a solução em pavimento flexível (CAUQ), aprovada pela prefeitura.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Entender e detalhar os principais aspectos da pavimentação;
- b) Analisar o projeto de pavimentação asfáltica;
- c) Dimensionar o pavimento com lajota;
- d) Orçar a hipótese alternativa;
- e) Fazer o comparativo técnico e econômico entre os tipos de pavimentação.

## 2 PAVIMENTAÇÃO

Desde a antiguidade, diversas civilizações consideravam a pavimentação algo imprescindível, tanto para transporte de cargas, no caso do Antigo Egito, em que trenós arrastavam grandes pedras para a construção das pirâmides através de lajes de arenito e calcário umedecidas com água ou azeite (SAUNIER, 1936), quanto para o comércio, tendo como exemplar a Rota da Seda, que conectou China, Índia e Pérsia ao Ocidente, favorecendo a troca de produtos, cultura e a disseminação de religiões (WILD, 1992). Há também o exemplo do uso militar, que é o caso do Império Romano, onde as tropas deslocavam-se por todo o território conquistado através de trechos de reta que seguiam o terreno, compostos por uma camada de fundação de pedras alinhadas, dando suporte e favorecendo a drenagem, uma camada intermediária de areia com pedregulhos ou argilas para adicionar resistência e uma superfície de placas de pedras com resíduos de ferro como ligante (MARGARY, 1973).

Bernucci et al (2008) descreve o pavimento como a estrutura de múltiplas camadas com espessura determinada que é construída sobre uma obra finalizada de terraplenagem, com foco técnico-econômico, que deve resistir às cargas de tráfego e às ações do clima e proporcionar conforto e segurança ao usuário.

### 2.1 PAVIMENTAÇÃO NO BRASIL

No Brasil, as primeiras estradas datam das primeiras décadas após a chegada dos portugueses, que baseavam-se principalmente em caminhos abertos que conectavam regiões importantes. Posteriormente, no século XIX, a Estrada de Rodagem União e Indústria foi inaugurada e deu início à uma revolução construtiva no país: o inédito uso de macadame em sua estrutura, antes composta por pedras importadas de Portugal, e prevendo em seu projeto inclusive valetas de alvenaria para escoamento e leito ensaibrado. (BERNUCCI et al, 2008)

Mas foi no século XX que ocorreu a grande afirmação do sistema rodoviário no Brasil, tanto no governo Vargas, com a criação do DNER, quanto com o governo de Juscelino Kubitschek, que trouxe a indústria automobilística e promoveu a construção de diversas rodovias importantes conectando o país. (BERNUCCI et al, 2008)

Apesar disso, a evolução quantitativa do número de estradas no país não reflete na qualidade das mesmas, considerando que diariamente vemos patologias nas ruas que trafegamos e que podem causar dificuldades na locomoção, danos nos veículos e até acidentes de trânsito.

Albano (2013) afirma que as vias urbanas devem, principalmente, buscar atender a demanda de tráfego local e de propriedades e instalações adjacentes, proporcionando fluidez no deslocamento de transportes coletivos, de trabalho, de passeio e etc.

### 2.1.1 Classificação das Vias

Utilizando a classificação de Balbo (2007), podemos classificar as vias conforme apresentado no quadro 1.

Quadro 1 – Classificação das Vias

<b>Características</b>	<b>Expressas</b>	<b>Arteriais</b>	<b>Coletoras</b>	<b>Locais</b>
<b>Atividade Predominante</b>	Tráfego em escala metropolitana	Tráfego de longas distâncias	Tráfego entre bairros, transporte público	Tráfego de curtas distâncias, residencial, de início ou fim de viagem
<b>Passagem de Veículos Pesados</b>	Grande quantidade	Grande quantidade	Tráfego de passagem	Pouca quantidade, em caso de entregas
<b>Tráfego Local</b>	Nulo	Pouco significativo, equilibrado	Significativo	Predominante
<b>Tráfego de Passagem</b>	Predominante	Predominante	Pouco existente	Nulo

Fonte: Adaptado de Balbo (2007).

Com base nas informações acima, podemos classificar o nosso local de estudo como uma Via Local, considerando que sua principal função é a de atender aos prédios e comércios da beira mar e, principalmente, aos visitantes da praia.

## 2.2 TIPOS DE PAVIMENTOS

O DNIT (2006) classifica os pavimentos em 3 tipos e os especifica como:

**Flexíveis**, que são aqueles em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas (BALBO, 2007). A Votorantim (2016) aponta

que esse método demanda um investimento menor para ser executado, pela abundância de mão de obra, rapidez e facilidade de manutenção. Um exemplo é a pavimentação asfáltica com as camadas de base e sub-base de brita graduada.

**Semirrígidos**, aqueles em que existe uma base cimentada por aglutinante com propriedades cimentícias e, acima dela, a camada de revestimento asfáltico (PINTO E PREUSSLER, 2002). Considera-se de custo intermediário de execução e manutenção entre rígidos e flexíveis e pode ser utilizado em paradas de ônibus.

Já os pavimentos **Rígidos** são o tipo com a mais longa vida útil dentre as supracitadas, podendo ter uma resistência de 4,5 MPa à 30 MPa, no caso de estruturação armada. São compostos principalmente por cimento Portland e podem durar até 30 anos. Um exemplo cotidiano é o da técnica Whitetopping, que consiste em adicionar uma camada de pavimento rígido para corrigir o pavimento asfáltico flexível preexistente. Segundo Senço (2001) pavimentos rígidos são estruturas pouco deformáveis, constituídas principalmente de concreto de cimento Portland. Tendem a romper por tração na flexão, quando sujeitos a deformações.

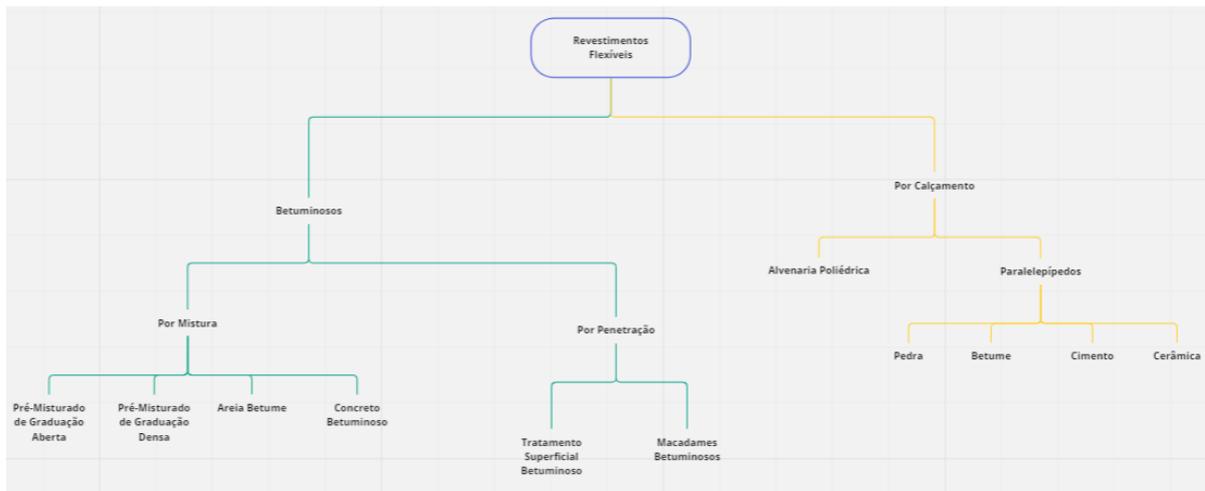
### 2.3 TIPOS DE REVESTIMENTOS

O Manual de Pavimentação do DNIT (2006) divide os revestimentos flexíveis entre os Por Calçamento e os Betuminosos. Dentro da primeira categoria, podem-se identificar os de Alvenaria Poliédrica e os Paralelepípedos (Pedra, Betume, Cimento ou Cerâmica). Já dentre os especificados como betuminosos, encontramos uma subdivisão: os Por Mistura, incluindo Areia Betume, Concreto Betuminoso e Pré-misturados de graduação tipo aberta ou densa; e os Por Penetração, que incluem os de Tratamento Superficial Betuminoso e os de Macadame Betuminoso.

O mesmo manual divide os pavimentos rígidos entre Concreto Cimento e Macadame Cimentado.

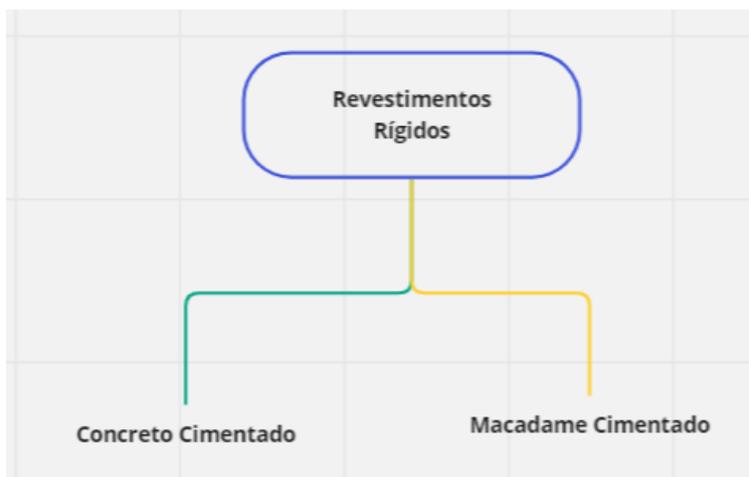
As figuras 1 e 2 abaixo mostram a classificação dos revestimentos flexíveis e rígidos conforme Manual de Pavimentação do DNIT.

Figura 1 – Classificação dos Revestimentos Flexíveis



Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado do Manual de Pavimentação do DNIT (2006).

Figura 2 – Classificação dos Revestimentos Rígidos



Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado do Manual de Pavimentação do DNIT (2006).

### 2.3.1 Revestimentos Flexíveis – Por Calçamento

Geralmente utilizados em vias urbanas, estacionamentos e alguns acessos viários, a aplicação desse tipo de pavimentação deixou de ser usual em rodovias desde a intensificação de uso de pavimentos asfálticos e de concreto (DNIT, 2006).

Os paralelepípedos oferecem uma maior aderência dos pneus, podendo ser utilizados em rampas íngremes, por exemplo, principalmente em regiões e épocas chuvosas.

Além disso, outras vantagens desse método são as possibilidades de aplicação sobre aterros recentes que estejam sujeitos a recalques acentuados e em zonas em que há necessidade de manutenção de redes de água e esgoto.

A seguir exemplos de revestimentos flexíveis por calçamento:

- a) Alvenaria Poliédrica: É descrito como um revestimento formado por camadas de pedras irregulares (dentro de um determinado limite), assentadas e comprimidas acima de uma camada/colchão de material granular de regularização. As juntas são tomadas com pequenas lascas de pedras e com próprio material desse colchão.
- b) Paralelepípedos: São revestimentos constituídos por blocos regulares assentados sobre um colchão formado por material granular para regularização e com juntas que podem ser do próprio material granular, pedriscos, argamassa de cimento Portland ou materiais e misturas betuminosas. Os paralelepípedos mais usuais são constituídos de granito, gnaisse ou basalto.

O Manual de Pavimentação do DNIT (2006) ressalta ainda a existência dos blocos intertravados de concreto de cimento, chamados de “blockrets”, que possuem execução semelhante à dos paralelepípedos, mas que requerem cuidados apropriados, garantindo o intertravamento entre blocos e, conseqüentemente, a distribuição correta de tensões.

### 2.3.2 Revestimentos Flexíveis – Betuminosos

O DNIT (2006) explica que esses revestimentos são constituídos por associação de agregados e materiais betuminosos e que se dividem em dois grupos:

- a) **Revestimentos por Penetração:** Esta modalidade envolve dois tipos distintos: por penetração invertida e por penetração direta.
  - (i) Revestimentos Flexíveis Betuminosos – Penetração Invertida: São os revestimentos executados através de uma ou mais aplicações de material betuminoso, seguida(s) de idêntico número de operações de espalhamento e compressão de camadas de agregados com granulometrias apropriadas. Conforme o número de camadas tem-se os intitulados: tratamento superficial simples, duplo ou triplo. O tratamento simples, executado com o objetivo primordial de impermeabilização ou para modificar a textura de um pavimento existente, é denominado capa selante.
  - (ii) Revestimentos Flexíveis Betuminosos – Penetração Direta: São os revestimentos executados através do espalhamento e compactação de camadas de agregados com granulometria apropriada, sendo cada camada, após compressão, submetida a uma

aplicação de material betuminoso e recebendo, ainda, a última camada, uma aplicação final de agregado miúdo. Revestimento típico, por “penetração direta”, é o Macadame Betuminoso. O Macadame Betuminoso tem processo construtivo similar ao Tratamento Duplo e comporta espessuras variadas e bem maiores, em função do número de camadas e das faixas granulométricas correspondentes. É usado, com frequência, como camada de base.

- b) **Revestimentos por Mistura:** Nesse tipo de revestimento, antes da compressão o agregado é pré-envolvido com material betuminoso. Os “Pré-misturados Propriamente Ditos” são aqueles em que o pré-envolvimento é feito em usinas fixas. Já os “Pré-misturados na pista” (*road mixes*) são os feitos na própria pista. Existem também as seguintes designações, dependendo dos processos construtivos:
- (i) Pré-Misturado a Frio – À temperatura ambiente é possível espalhar os ligantes e os agregados.
  - (ii) Pré-Misturado a Quente – Agregados e ligantes são misturados e espalhados ainda quentes.

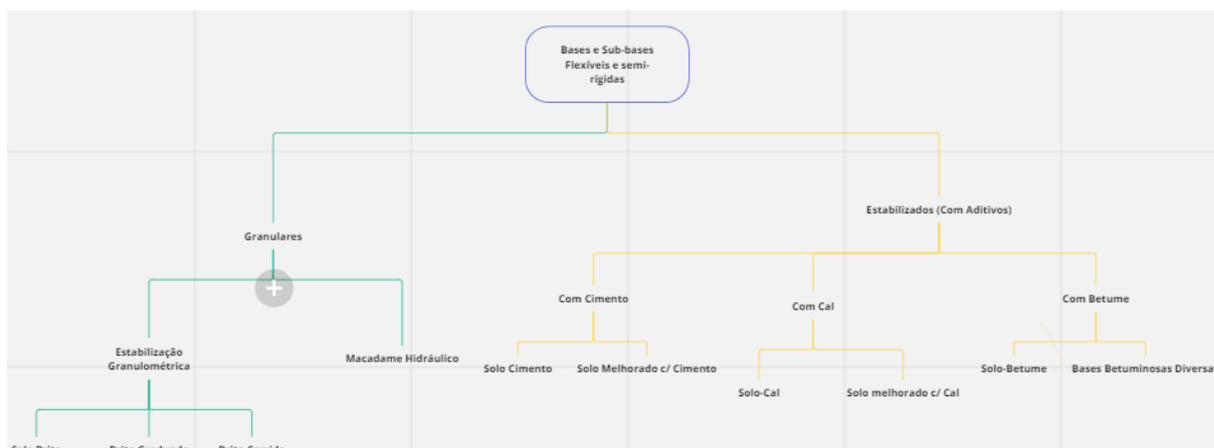
Dependendo dos agregados utilizados, os Road mixes e os Pré-misturados podem ser de graduação aberta ou densa. No primeiro caso, há a obrigatoriedade da capa selante, diferente do segundo (geralmente).

Segundo o DNIT (2006) o nome Concreto Asfáltico (CAUQ) tem sido utilizado para pré-misturados a quente de graduação densa, aonde são feitas rigorosas exigências no que diz respeito a equipamentos de construção e índices tecnológicos (granulometria, teor de betume, estabilidade, vazios e etc.).

## 2.4 BASES E SUB-BASES

O DNIT (2006) separa as camadas de base e sub-base entre flexíveis, semirrígidas e rígidas. A figura 3 ilustra a classificação das bases e sub-bases flexíveis e semirrígidas.

Figura 3 – Classificação das bases e sub-bases flexíveis e semirrígidas



Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado do Manual de Pavimentação do DNIT (2006).

### 2.4.1 Bases e Sub-bases Granulares

O DNIT (2006) descreve essas classificações como:

#### a) Estabilização Granulométrica:

Camadas compostas por solos, britas de rochas, de escória de alto forno, ou, ainda, pela mistura desses materiais. Camadas puramente granulares, sempre flexíveis e estabilizadas granulometricamente pela compactação de um material ou de uma mistura de materiais que apresentem uma granulometria apropriada e índices geotécnicos específicos, fixados em especificações.

“Materiais Naturais” (solo *in natura*) são aqueles encontrados em jazidas, os chamados “cascalhos”, “saibros”, etc. Muitas vezes esses materiais devem sofrer beneficiamento prévio, como britagem e peneiramento, para que se encaixem nas especificações.

Bases e sub-bases de solo-brita são aqueles em que ocorre a mistura de material natural e pedra britada.

Quando se utiliza apenas produtos de britagem, têm-se as sub-bases e bases de brita graduada ou de brita corrida.

#### b) Macadames Hidráulicos:

Consiste em uma camada de brita de graduação aberta de tipo especial (ou brita tipo macadame), que, após compressão, tem os vazios preenchidos pelo material de enchimento, constituído por finos de britagem (pó de pedra) ou mesmo por solos de granulometria e plasticidade apropriadas; a penetração do material de enchimento é promovida pelo espalhamento na superfície, seguido de varredura, compressão (sem ou com vibração) e

irrigação, no caso de macadame hidráulico. O macadame seco ou macadame a seco, ao dispensar a irrigação, além de simplificar o processo de construção evita o encharcamento, sempre indesejável, do subleito.

#### **2.4.2 Bases e Sub-bases Estabilizadas (com aditivos)**

Em geral, seus processos tecnológicos e construtivos são semelhantes às bases e sub-bases granulares por estabilização granulométrica, diferenciando-se em poucos detalhes (DNIT, 2006).

a) Solo-cimento:

Mistura devidamente compactada de solo, cimento Portland e água; deve obedecer a certos requisitos de densidade, durabilidade e resistência, para que resulte em um material duro, cimentado, de acentuada rigidez à flexão. Teor de cimento varia entre 6% a 10%.

b) Solo melhorado com Cimento:

Baixo teor de cimento (2% a 4%), visando a modificação do solo no que se refere à sua plasticidade e sensibilidade à água. São considerados flexíveis.

c) Solo-Cal:

Mistura de solo, cal e água e, às vezes, cinza volante. O teor de cal mais frequente é de 5% a 6%. O processo de estabilização pode ocorrer por carbonatação, que é uma cimentação fraca, ou por pozolanização, que é uma cimentação forte.

Quando, pelo teor de cal usado, pela natureza do solo ou pelo uso da cinza volante, predominam os dois últimos efeitos mencionados, tem-se as misturas solo-cal, consideradas semirrígidas.

d) Solo melhorado com Cal:

É uma mistura que se obtém quando há predominância do primeiro dos efeitos citados anteriormente; é considerada flexível.

e) Solo-betume:

Mistura de solo, água e material betuminoso. É considerada flexível.

f) Bases Betuminosas Diversas:

Camadas descritas nos itens referentes a revestimentos betuminosos, pois as técnicas construtivas e materiais empregados são idênticos.

### **2.4.3 Bases e Sub-bases Rígidas**

O DNIT (2006) aponta que estas camadas são, por característica, as de concreto de cimento. Possuem acentuada resistência à tração, fator determinante no seu dimensionamento. Dividem-se em dois tipos de concreto: Concreto Plástico, que é adensado por vibração manual ou mecânica, e Concreto Magro, que é semelhante ao usado em fundações, pois possui baixo consumo de cimento, porém com consistência apropriada à compactação com equipamentos rodoviários.

## **2.5 SOLOS**

Baptista (1978) descreve solos como um produto originado da decomposição da crosta terrestre, cujos principais fatores de formação são: A rocha mãe (material de origem), água, organismos vivos, clima e topografia do local. Baptista (1978) ainda afirma que conhecer as características do solo é muito relevante, tendo em vista que o mesmo terá basicamente a função de fundação do pavimento. As principais características dos solos são: Teor de umidade ótima, granulometria, índice de suporte, limite de liquidez e limite de plasticidade.

Para Senço (2007), solo é uma estrutura natural, de natureza solta e removível e de espessura variável, resultante da transformação de uma rocha mãe, pela influência de diversos processos físicos, físico-químicos e biológicos.

### **2.5.1 Umidade Ótima**

Aquela em que o solo atinge a maior massa específica aparente seca, ou seja, minimizando os vazios, aumentando a densidade, resistência e estabilidade. Se a quantidade de água utilizada for maior ou menor do que a umidade ótima, o solo não atingirá seu potencial máximo de compactação. A umidade ótima é determinada através do Ensaio de Compactação Proctor, redigido pela norma brasileira NBR 7182 (ABNT, 2016) – Ensaio de Compactação.

### **2.5.2 Granulometria**

Baptista (1978) aponta que a granulometria não depende do teor de umidade, composição mineralógica, densidade e forma dos grãos, sendo mais interessante neste estudo o tamanho das partículas e a distribuição do tamanho em massa de solo em porcentagem. Essa

análise determina o grau das partículas que constituem um solo, determinado em amostras secas ao ar.

O material que fica retido na peneira nº10 é considerado grosso; o que fica retido em peneiras entre nº10 e nº200 é considerado fino; a partir da nº200, os materiais retidos são chamados de semifinos e tem como exemplo as argilas, areias finas e siltes (BAPTISTA, 1978). Existe ainda a divisão dos solos em duas grandes classes: os coesivos, como as argilas, e os não coesivos/incoerentes, como as areias.

O DNIT (2006) divide os grãos, para efeitos terminológicos, com a seguinte classificação:

a) Pedregulhos

Solos onde suas partículas ou grãos minerais têm seus diâmetros aparentes máximos, na maior parte, superiores a 2mm e inferiores a 76mm;

b) Areias

Solos onde suas partículas ou minerais tem diâmetros máximos, na maioria, superiores a 0,075mm e inferiores a 2mm.

Até 0,42mm são consideradas areias finas, acima disso, são chamadas de areias grossas.

Quanto à compactidade, podem ser divididas em três grupos: Fofas, quando o grau de compactidade está entre 0 e 1/3; Medianamente compactadas, quando o grau de compactidade está entre 1/3 e 2/3; Compactadas, quando o grau está entre 2/3 e 1.

c) Siltes

Solos cujo diâmetro pode variar entre 0,005mm e 0,05mm, diferenciando-se da areia pelos diâmetros menores.

d) Argilas

São os solos cujo diâmetro aparente é menor que 0,005mm e apresentam plasticidade e consistência em seu estado de umidade natural, quando secos têm coesão suficiente para formar torrões difíceis de serem desagregados pela pressão dos dedos e quando úmidos, podem ser facilmente moldados.

Quanto às suas consistências, podem ser classificadas como: Muito moles, cuja consistência é  $> 0$ ; Moles, quando o índice de consistência está entre 0 e 0,5; Médias, quando varia entre 0,5 e 0,75; Rijas, com índice de 0,75 a 1.

Baptista (1978) ressalta que na natureza não se encontram solos “puros”, sendo denominados através de suas características predominantes.

As peneiras, definidas por Baptista (1978), são dispostas da seguinte forma como apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Relação de peneiras

Polegadas / Designação EUA	Milímetros / Designação Brasileira
3"	76,2
2 1/2"	63,5
2"	50,8
1 1/2"	38,1
1"	25,4
3/4"	19,1
1/2"	12,7
3/8"	9,52
Nº3	6,68
Nº4	4,8
Nº8	2,4
Nº10	2,0
Nº16	1,2
Nº30	0,6
Nº40	0,42
Nº50	0,3
Nº100	0,15
Nº200	0,075

Fonte: Baptista (1978).

### 2.5.3 Limite de Liquidez

Valor de umidade que determina o limite entre o estado líquido e o estado plástico de um solo. Pode ser determinado pelo Aparelho de Casagrande.

#### 2.5.4 Limite de Plasticidade

Valor de umidade que determina o limite entre o estado plástico e o estado semissólido de um solo. Pode ser determinado através do processo de “enrolá-lo” em bastões de 3mm de diâmetro e observar a partir de que ponto a amostra começa a se quebrar em pequenas peças.

#### 2.5.5 Índice de Suporte Califórnia (*California Bearing Ratio*)

Popularmente conhecido como CBR, esse índice, hoje regido pela NBR 9895 (ABNT, 2016) é descrito por Senço (2007) como a relação percentual entre a pressão necessária para fazer penetrar, de maneira padronizada, um pistão numa amostra de solo convenientemente preparada e a pressão para fazer penetrar o mesmo pistão em uma brita graduada padrão.

Em outras palavras, se o solo apresentar um CBR de 10% significa que o mesmo possui um décimo da resistência à penetração de uma brita padronizada.

Outro parâmetro que pode ser obtido através do ensaio é o índice de expansibilidade do solo: A amostra é imersa em água durante 4 dias (no mínimo), possibilitando a observação da expansão do solo em questão.

É através do CBR, aliado com a carga de tráfego esperada, que se define a espessura do material granular utilizado acima do subleito. Para Balbo (2007), caso haja necessidade de dimensionamento para o reforço do pavimento, o critério do CBR pode ser útil desde que considerados os seguintes condicionantes:

- a) Avaliação estrutural, conhecimento dos materiais componentes do pavimento e sua espessura;
- b) Conhecimento de todas as condições atuais de trabalho, em termos de CBR, subleito, reforço e sub-base do pavimento (determinação do parâmetro de elasticidade e resistência atuais);
- c) Redefinição dos coeficientes de equivalência estrutural das camadas que compõem o pavimento em função das suas atuais condições encontradas para as camadas granulares e para as misturas asfálticas e cimentadas existentes.

Baptista (1978) aponta que, mesmo sendo um método empírico, o CBR é o método mais empregado atualmente devido às inúmeras experiências, tanto de campo como de laboratório, que comprovam sua eficiência.

## 2.6 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO

Dimensionar é o mesmo que definir as espessuras necessárias das camadas estruturais de um pavimento, fazendo sempre com que a camada superior proteja a inferior, que, por sua vez, deve suportar a de cima.

### 2.6.1 Dimensionamento de Lajotas

Existem dois métodos de dimensionamento de lajotas recomendados pela ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland): O conhecido como “Procedimento A”, que foi adaptado do Estudo Técnico nº27 do trabalho original proposto pela BCA (*British Cement Association*); e o “Procedimento B”, desenvolvido pela PCA (*Portland Cement Association*).

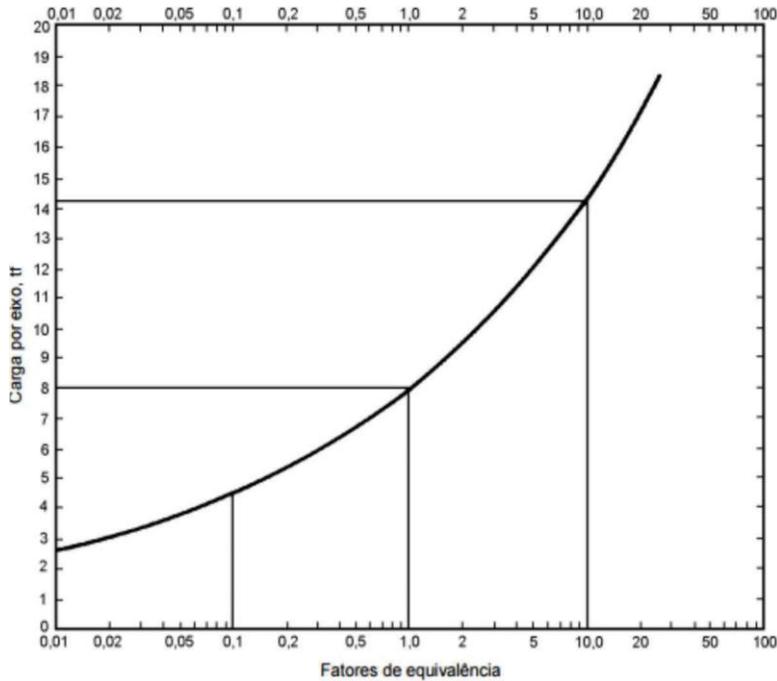
#### 2.6.1.1 Procedimento A (ABCP-ET27)

Sua utilização é recomendada em:

- a) Vias de tráfego leve, com “N” típico de até  $10^5$  solicitações de eixo simples padrão, por não necessitar de utilização da camada de base, gerando, portanto, estruturas esbeltas e mais econômicas em relação ao procedimento B;
- b) Vias de tráfego meio pesado ou pesado, com “N” típico superior a  $1,5 \times 10^6$ , em função do emprego de bases cimentadas, sendo tecnicamente mais adequado do que o procedimento B.

Deve-se iniciar o dimensionamento através de um estudo prévio do tráfego na via determinada, utilizando o gráfico de fator de equivalência para o eixo padrão 8,2ton, conforme figura 4.

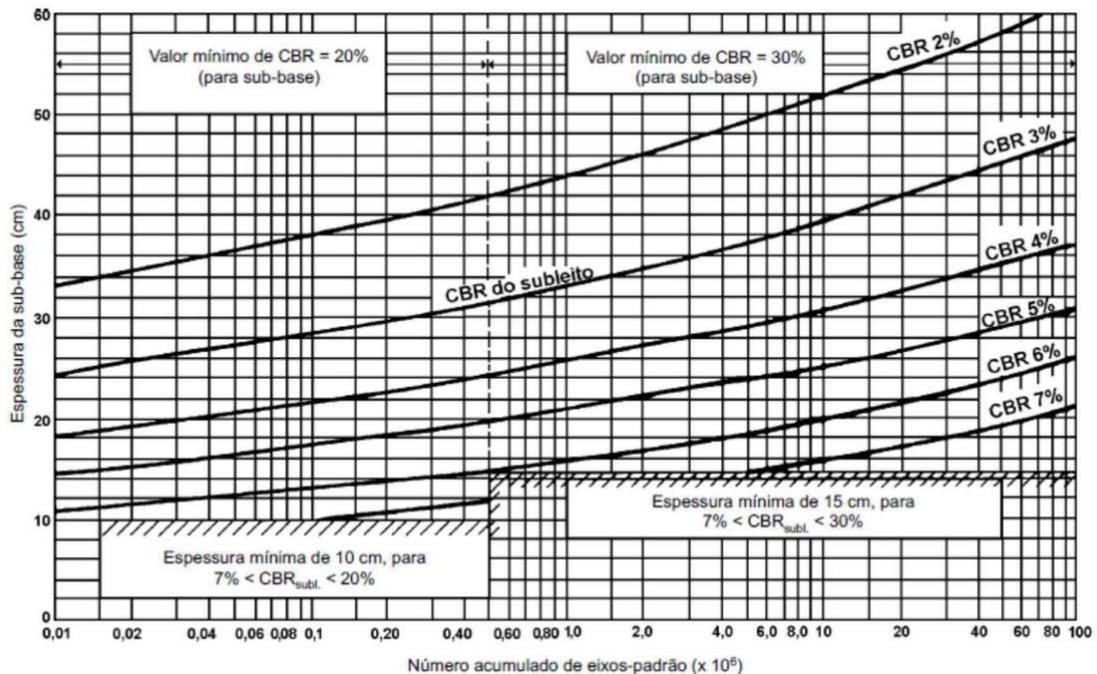
Figura 4 – Fator de Equivalência para Eixo Padrão 8,2t.



Fonte: ABCP, 1999.

A ABCP ainda nos indica que, para dimensionar as camadas do pavimento, o método utiliza dois gráficos de leitura direta. A Figura 5 fornece as espessuras necessárias de sub-base em função do CBR do subleito e do valor "N" de solicitações (CARVALHO, 1998).

Figura 5 – Espessura necessária de sub-base



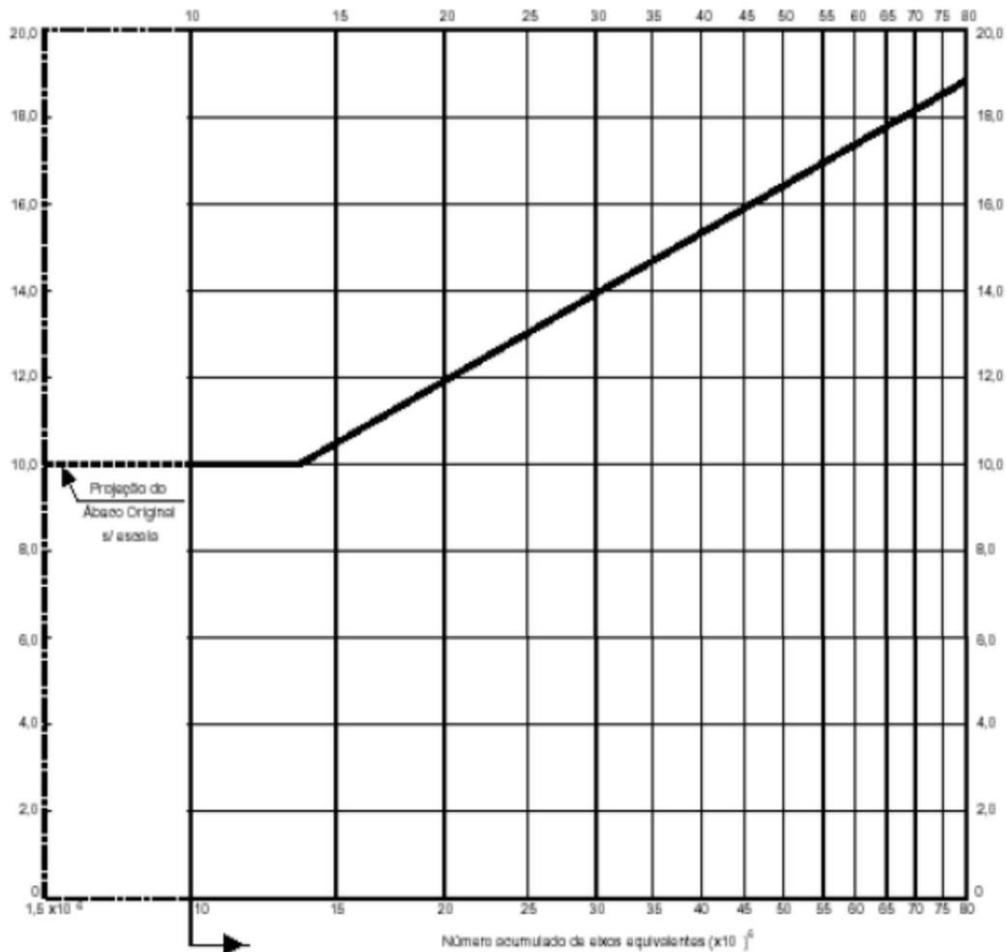
Fonte: ABCP, 1999.

Carvalho (1998) também aponta que:

- a) Quando  $N \geq 0,5 \times 10^6$ , o material de sub-base deve apresentar CBR mínimo de 30%.
- b) Quando  $N < 0,5 \times 10^6$ , o material de sub-base deve apresentar um CBR mínimo de 20%.
- c) Quando  $N < 0,5 \times 10^6$  e o subleito apresentar um CBR igual ou superior a 20%, não é necessária a camada de sub-base.
- d) Quando  $N \geq 0,5 \times 10^6$  e o subleito apresentar um CBR igual ou superior a 30%, não é necessária a camada de sub-base.

A Figura 6 mostra a espessura necessária de base de concreto rolado ou solo-cimento, em função do número acumulado de eixos equivalentes.

Figura 6 – Espessura necessária de base



Fonte: ABCP, 2010.

Para dimensionar a espessura necessária do revestimento, a ABCP exhibe a seguinte tabela:

Tabela 2 – Espessuras e resistências do revestimento pré-moldado

Tráfego	Espessura do Revestimento	Resistência à compressão
		Simplex
$N \leq 5 \times 10^5$	6,0 cm	35 MPa
$5 \times 10^5 < N < 10^7$	8,0 cm	35 a 40 MPa
$N \geq 10^7$	10,0 cm	50 MPa

Fonte: ABCP, 2010.

### 2.6.1.2 Procedimento B (PCA)

Neste método, que é uma evolução do método americano USACE de pavimentos flexíveis, pressupõe-se uma resistência crescente das camadas, partindo do subleito, de modo que sejam pequenas as deformações por cisalhamento, a ponto de reduzir ao mínimo as deformações verticais permanentes, como a patologia chamada de “trilha de roda”. Admite-se a adoção de bases tratadas com cimento, com fator de equivalência estrutural igual a 1,65.

Utilizando a Figura 7, determina-se a espessura de material puramente granular ( $H_{BG}$ ), em função do número N e do CBR, que corresponderá à camada de base assentada sobre o subleito.

Figura 7 – Espessura necessária de base puramente granular ( $H_{BG}$ ).

Nº de solicitações equivalente do eixo padrão de 8,2 t (kN)	ESPESSURA DA BASE ( HCG)										
	Valor do índice de Suporte California do Subleito										
	2	2,5	3	2,5	4	5	6	8	10	15	20
(10')	27	21	17								
$4 \times 10^3$	29	24	20	17							
$8 \times 10^3$	33	27	23	19	17						
$8 \times 10^3$	36	30	25	22	19						
(10 <sup>4</sup> )	37	31	26	23	20						
$4 \times 10^4$	41	34	29	25	22	17					
$8 \times 10^4$	44	37	32	28	24	18					
$8 \times 10^4$	48	40	35	30	27	21	17				
(10 <sup>5</sup> )	49	41	36	31	28	22	18				
$4 \times 10^5$	52	44	38	34	30	24	19				
$8 \times 10^5$	56	47	41	36	32	26	21				
$8 \times 10^5$	59	51	44	39	34	28	23				
(10 <sup>6</sup> )	60	52	45	40	3	29	23	16			
$4 \times 10^6$	64	55	47	42	38	30	25	17			
$8 \times 10^6$	68	58	50	45	40	33	27	19			
$8 \times 10^6$	71	61	53	47	42	34	29	20			
(10 <sup>6</sup> )	72	62	54	48	43	35	30	21			

Fonte: PMSP, IP-06/2004.

O valor  $H_{BG}$ , após determinado, pode ser subdividido em dois, sendo uma camada de sub-base puramente granular e uma camada de base cimentada, com espessura determinada em

função do coeficiente de equivalência estrutural  $K_B$ . Recomenda-se que, em vias de tráfego pesado, sejam adotados materiais mais nobres, para que se diminua a espessura final do pavimento, possibilitada pela introdução de bases tratadas com cimento. As espessuras mínimas recomendadas de base são: 15cm para materiais puramente granulares; 10cm para materiais tratados com cimento. Os blocos devem atender a espessura mínima de 8cm, chegando a 10cm apenas em casos de carregamento mais severo.

### 2.6.2 Dimensionamento do Pavimento Flexível

O método DNER, baseado no trabalho “Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume”, do Corpo de Bombeiros do Exército dos EUA, utiliza as conclusões obtidas na Pista Experimental da AASHTO para adotar, relativamente aos materiais integrantes do pavimento, coeficientes de equivalência estrutural. (DNIT, 2006).

Utiliza-se o CBR para definir a Capacidade de Suporte do subleito e dos materiais constituintes, adotando-se o método de ensaio preconizado pelo DNER, em corpos de prova indeformados ou moldados em laboratório para as condições de massa específica aparente e umidade específica para o serviço. (DNIT, 2006).

Utilizando o número equivalente de operações de um eixo tomado com padrão (N), dimensiona-se o pavimento. O gráfico da Figura 8 fornece os fatores de equivalência de operação entre eixos simples e em “tandem”, com diferentes cargas e o eixo simples padrão com carga de 8,2 ton. (DNIT, 2006).

Antes de calcular o número N, se faz necessário o cálculo do volume diário de tráfego, com a seguinte equação:

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

Sendo:

$V_m$  = Volume médio diário de tráfego;

$V_1$  = Volume médio diário de tráfego em um sentido no ano de abertura;

$P$  = Período adotado para o dimensionamento da estrutura do pavimento, de tal forma a desempenhar sua função de proporcionar trafegabilidade, conforto e segurança aos usuários durante este período;

$t$  = Taxa de crescimento anual, em progressão aritmética.

O Volume de tráfego, em um sentido, durante o período ( $V_t$ ) será:

$$V_t = 365 \cdot P \cdot V_m$$

Admitindo-se uma taxa de 1% de crescimento anual, em progressão geométrica, o volume total de tráfego durante o período seria:

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

Utilizando o valor  $V_t$ , encontra-se  $N$  através da equação:

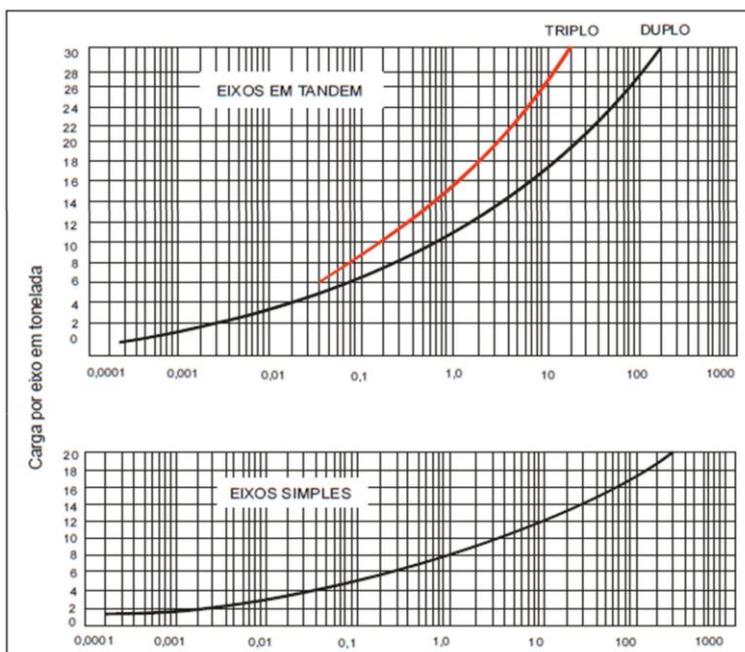
$$N = V_t \cdot (FE) \cdot (FC)$$

Sendo FE um fator de eixos, ou seja, um número que, multiplicado pelo número de veículos, resulta no total de eixos correspondentes, e FC um fator de carga, isto é, um número que, multiplicado pelo número de eixos operantes, resulta no número de eixos equivalentes ao eixo padrão. O produto de FE e FC é o fator de veículo, FV, sendo este o número que, ao ser multiplicado pelo número de veículos que operam, resulta no total de eixos equivalentes ao eixo padrão:

$$N = V_t \cdot (FV)$$

Para o cálculo de FV, FE e FC, é preciso saber a composição de tráfego no local. Para isso, faz-se uma contagem de tráfego na estrada considerada, estudando-se um certo volume total de tráfego  $V_t$  (para o período amostral). Conta-se também o número total de eixos “n”, pesando-se todos os eixos.

Figura 8 – Fatores de equivalência de operação entre eixos simples e em “tandem”



Fonte: Manual de pavimentação do DNIT, 2006.

Conclui-se que:

$$n = V_t \cdot (FE) \rightarrow (FE) = \frac{n}{V_t}$$

Após a pesagem, forma-se uma tabela organizando os eixos por intervalos de carga, representados pelo seu ponto central:

Tabela 3 – Determinação de fator de operações

I	II	III	IV
	%	Fator de Equivalência	Fator de Operações
Simplex			
Tandem			
Equivalência = $\sum$ Fator de Operações			

Fonte: Manual de pavimentação do DNIT, 2006.

Os valores da coluna III são obtidos da Figura 8. Os da coluna IV são o resultado da multiplicação entre os valores da coluna II e da coluna III. O somatório dos valores da coluna IV representa o produto 100x(FC), ou seja, Equivalência = 100 FC, podendo ser visto também como Fator de Carga = Equivalência/100.

Com isso, obtêm-se o Fator de Veículo ( $FV = FE \cdot FC$ ). Usualmente, o cálculo de N é feito de acordo com as seguintes etapas (DNIT, 2006):

- Cálculo de  $V_t$  através de dados estatísticos da estrada que se está considerando, incluindo-se a fixação do VI (onde devem ser levados em conta os tráfegos gerado e desviado), de tipo de crescimento e de sua taxa  $t$ . O cálculo de  $V_t$  pode ser feito também em face de um estudo econômico da região.
- Cálculo de FV, através dos FV individuais ( $FV_i$ ), para as diferentes categorias de veículos, determinadas numa estação de pesagem representativa da região e das percentagens  $P_i$  (determinada no item a) com que estas categorias de veículos ocorrem na estrada que está sendo considerada.

O cálculo desta segunda etapa é dado pela equação:

$$FV = \sum \left[ \frac{(P_i) \cdot (FV_i)}{100} \right]$$

O DNIT (2006) classifica os diferentes veículos pelas seguintes categorias:

- Automóveis;
- Ônibus;

- c) Caminhões Leves, com dois eixos simples, de rodas simples;
- d) Caminhões médios, com dois eixos, sendo o traseiro de rodas duplas;
- e) Caminhões pesados, com dois eixos, sendo o traseiro “tandem”;
- f) Reboques e semirreboques: as diferentes condições de veículos, em unidades múltiplas.

Para automóveis e caminhões leves, embora calculáveis, os FVi são desprezíveis. O interesse está, especialmente, nos FVi para caminhões médios, pesados e reboques e semi-reboques.

O Manual de Pavimentação do DNIT (2006) ressalta ainda a importância de considerar-se o Fator Climático Regional, que trata da consideração das variações de umidade dos materiais do pavimento ao longo das diversas estações do ano. Recomenda-se multiplicar o valor N por um coeficiente (FR) que, na pista experimental da AASHTO, variou de 0,2 (teores baixos de umidade) e 5,0 (praticamente, saturação total do material). É possível que estes coeficientes sejam diferentes, em função da diferença de sensibilidade à variação do número N; é possível, ainda, pensar-se num fator climático que afetaria a espessura do pavimento (em vez do número N), e que seria, ao mesmo tempo, função desta espessura.

Calcula-se, então, a média ponderada dos diferentes coeficientes sazonais, considerando o espaço de tempo em que ocorrem.

Parece mais apropriado a adoção de um coeficiente, quando se toma, para projeto, um valor C.B.R compreendido entre o que se obtém antes e o que se obtém depois da embebição, isto é, um valor correspondente à umidade de equilíbrio. Tem-se adotado um  $FR = 1,0$  face aos resultados de pesquisas desenvolvidas no IPR/DNER.

Para os diferentes materiais constitutivos do pavimento, são definidos os seguintes coeficientes de equivalência estrutural:

Tabela 4 – Coeficiente de equivalência estrutural

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

Fonte: Manual de pavimentação do DNIT, 2006.

Os coeficientes estruturais são designados, genericamente por:

- Revestimento: KR;
- Base: KB;
- Sub-base: KS;
- Reforço: KRef.

Espessura Mínima do Revestimento é um dos pontos em aberto na engenharia rodoviária, ainda, a fixação da espessura mínima a adotar para os revestimentos betuminosos, quer se trate de proteger a camada de base dos esforços impostos pelo tráfego, quer se trate de evitar a ruptura do próprio revestimento por esforços repetitivos de tração na flexão. Visando especialmente as bases de comportamento puramente granular, as espessuras recomendadas a seguir (Tabela 5), são definidas pelas observações efetuadas.

Tabela 5 – Espessura mínima do revestimento.

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

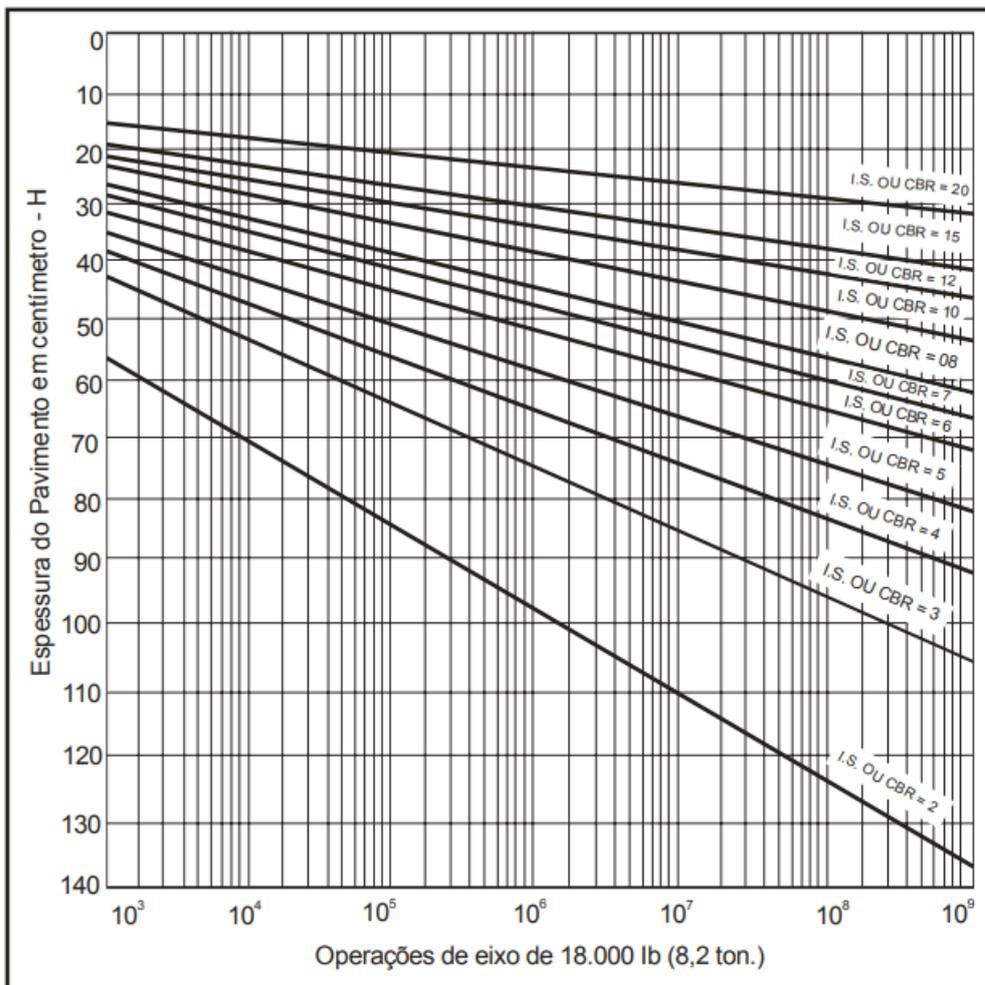
Fonte: Manual de pavimentação do DNIT, 2006.

Em caso de adoção de tratamentos superficiais, deve haver coesão nas bases granulares, pelo menos aparentes, seja devido à capilaridade ou ao entrosamento de partículas.

### 2.6.2.1 Dimensionamento do pavimento

O gráfico da Figura 9 dá a espessura total do pavimento, em função de N e de I.S. ou CBR; a espessura fornecida é relativa ao material com  $K = 1,00$ , ou seja, base granular. Observa-se o valor N no eixo das abscissas e, então, procede-se verticalmente até encontrar a reta que representa a capacidade de suporte, retornando horizontalmente até o eixo das ordenadas, onde encontra-se a espessura do pavimento.

Figura 9 – Determinação da espessura do pavimento



Fonte: Manual de pavimentação do DNIT, 2006.

Supõe-se sempre, que há uma drenagem superficial adequada e que o lençol d'água subterrâneo foi rebaixado a, pelo menos, 1,50m em relação ao greide de regularização.

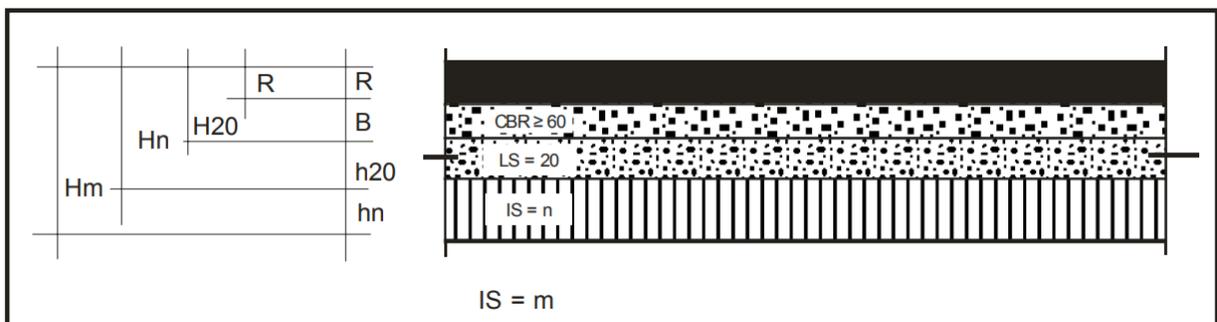
Para as camadas granulares, a espessura de compactação precisa ser maior que 10cm e menor que 20cm.

A espessura construtiva mínima para estas camadas é de 15cm.

A Figura 10 apresenta simbologia utilizada no dimensionamento do pavimento,  $H_m$  designa, de modo geral, a espessura total de pavimento necessário para proteger um material com C.B.R. ou I.S. = CBR ou IS = m, etc.,  $h_n$  designa, de modo geral, a espessura de camada do pavimento com C.B.R. ou I.S. = n, etc.

Mesmo que o C.B.R. ou I.S. da sub-base seja superior a 20, a espessura do pavimento necessário para protegê-la é determinada como se esse valor fosse 20 e, por esta razão, usam-se sempre os símbolos,  $H_{20}$  e  $h_{20}$  para designar as espessuras de pavimento sobre sub-base e a espessura de sub-base, respectivamente. Os símbolos B e R designam, respectivamente, as espessuras de base e de revestimento (DNIT, 2006).

Figura 10 – Dimensionamento do pavimento



Fonte: Manual de pavimentação do DNIT.

Uma vez determinadas as espessuras  $H_m$ ,  $H_n$  e  $H_{20}$ , pelo gráfico da Figura 9, e  $R$  pela tabela apresentada, as espessuras de base ( $B$ ), sub-base ( $h_{20}$ ) e reforço de subleito ( $h_n$ ), são obtidas pela resolução sucessiva das seguintes inequações:

$$RK_R + BK_B \geq H_{20}$$

$$RK_R + BK_B + h_{20} K_S \geq H_n$$

$$RK_R + BK_B + h_{20} K_S + H_n K_{Ref} \geq H_m$$

Pavimentos por etapas, ocasionalmente, quando não há dados seguros sobre a composição de tráfego, é conveniente a pavimentação por etapas, havendo ainda a vantagem de, ao se completar o pavimento para o período de projeto definitivo, eliminarem-se as pequenas irregularidades que podem ocorrer durante os primeiros anos de vida do pavimento.

Recomenda-se a pavimentação por etapas quando, para a primeira etapa, é possível adotar um tratamento superficial como revestimento, cuja espessura é perfeitamente desprezível; na segunda etapa a espessura a acrescentar vai ser ditada pela condição da espessura mínima de revestimento betuminoso a adotar.

## 2.7 ETAPAS DA PAVIMENTAÇÃO COM LAJOTAS

### 2.7.1 Regularização do Subleito

É o conjunto de operações na superfície do subleito de rodovias a pavimentar, compreendendo cortes e/ou aterros de até 20cm de espessura e a compactação da mesma, de modo a conferir condições adequadas em termos geométricos e tecnológicos. (DEINFRA, 2016).

### 2.7.2 Base

O Deinfra (2016) também descreve a base de brita graduada como a camada de base ou sub-base, composta por mistura obrigatória em usina, de produtos integralmente de britagem de rocha sã, apresentando granulometria contínua e extensa, cuja estabilização é obtida pela ação mecânica do equipamento de compactação.

### 2.7.3 Pavimentação com Lajota Sextavada

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define na NBR 9781 de 2013 pavimento intertravado como flexível, com camadas de base e sub-base, cujo revestimento superficial se dá por peças de concreto distribuídas contínua e totalitariamente de modo que haja um intertravamento do sistema através da contenção entre elas.

## 2.8 ETAPAS DA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

### 2.8.1 Regularização do Subleito

É a operação destinada a conformar o leito estradal, transversal e longitudinalmente, obedecendo às larguras e cotas constantes das notas de serviço de regularização de

terraplanagem do projeto, compreendendo cortes ou aterros até 20 cm de espessura. (DNIT, 2010).

### **2.8.2 Sub-Base**

O DNIT (2010) aponta que a sub-base de macadame hidráulico é a camada de pavimento constituída por uma ou mais camadas de agregados graúdos com diâmetro variável de 3 ½“ a ½“ (88,9 mm a 12,7 mm), compactadas, com as partículas firmemente entrosadas umas às outras e os vazios preenchidos por agregado para enchimento, com ajuda lubrificante da água.

Já a camada de macadame seco é a camada granular, estabilizada, composta por agregados graúdos, naturais ou britados, preenchidos a seco por agregados miúdos pela ação enérgica de compactação. (DEINFRA, 2015).

Pode ser utilizada sob as seguintes condições:

- Como camada de reforço de subleito permitindo-se um diâmetro máximo de 127mm (5”);
- Como camada de sub-base permitindo-se um diâmetro máximo de 100 mm (4”);
- Como camada de base, para N menor que  $5 \times 10^6$ , permitindo-se um diâmetro máximo de 88,9mm (3 ½”).

Dependendo do diâmetro máximo do agregado graúdo adotado, a espessura da camada individual acabada deverá estar compreendida entre 15cm e 25cm.

### **2.8.3 Base**

A base de brita graduada é a camada de pavimentação destinada a resistir aos esforços verticais oriundos dos veículos, distribuindo-os adequadamente à camada subjacente, executada sobre a sub-base, subleito ou reforço do subleito devidamente regularizado e compactado (DNIT, 2010).

### **2.8.4 Imprimação**

Segundo o DNIT (2014), imprimação consiste na aplicação de material asfáltico sobre a superfície da base concluída, antes da execução do revestimento asfáltico, objetivando conferir coesão superficial, impermeabilização e permitir condições de aderência entre esta e o revestimento a ser executado.

### **2.8.5 Pintura de Ligação**

O DNIT (2012) aponta que a Pintura de Ligação consiste na aplicação de ligante asfáltico sobre superfície de base ou revestimento asfáltico anteriormente à execução de uma camada asfáltica qualquer objetivando promover condições de aderência entre esta e o revestimento a ser executado.

### **2.8.6 Camada de Concreto Asfáltico Usinado a Quente (CAUQ)**

Segundo o DNIT (2006), o concreto asfáltico com mistura executada a quente, em usina apropriada, com características específicas, composta de agregado graduado, material de enchimento (filer), se necessário, e cimento asfáltico, espalhada e compactada a quente.

### 3 METODOLOGIA

O objetivo do estudo foi realizar uma análise quantitativa, qualitativa, financeira, contextual e comparativa do método alternativo em relação ao escolhido para o local de estudo, analisando os resultados e comparando entre si para a escolha do melhor custo-benefício.

Com este fim, foram seguidas as seguintes etapas:

- a) Revisão bibliográfica, abordando os conceitos que abrangem a pavimentação, métodos construtivos, tipos e dimensionamento das camadas constituintes;
- b) Análise do dimensionamento realizado pela empresa contratada pela prefeitura, através do método DNER;
- c) Dimensionamento da pavimentação com lajotas pelo método ABCP;
- d) Levantamento quantitativo e orçamentário relativo à aplicação do pavimento com lajotas;
- e) Comparação orçamentária com o método de pavimento flexível;
- f) Definição do melhor custo-benefício, levando em conta os resultados observados.

## 4 ESTUDO DE CASO

### 4.1 A AVENIDA MAURÍLIO KFOURI

Laguna, município catarinense que possui cerca de 336,40 km<sup>2</sup> e 44.982 habitantes (IBGE, 2016), tem sua cultura e economia baseada na pesca e, principalmente, no turismo. Na cidade, localizada no litoral sul de Santa Catarina, encontram-se mais de 20 praias, segundo a Prefeitura Municipal, sendo a principal delas a Praia do Mar Grosso, com 2.5km de extensão.

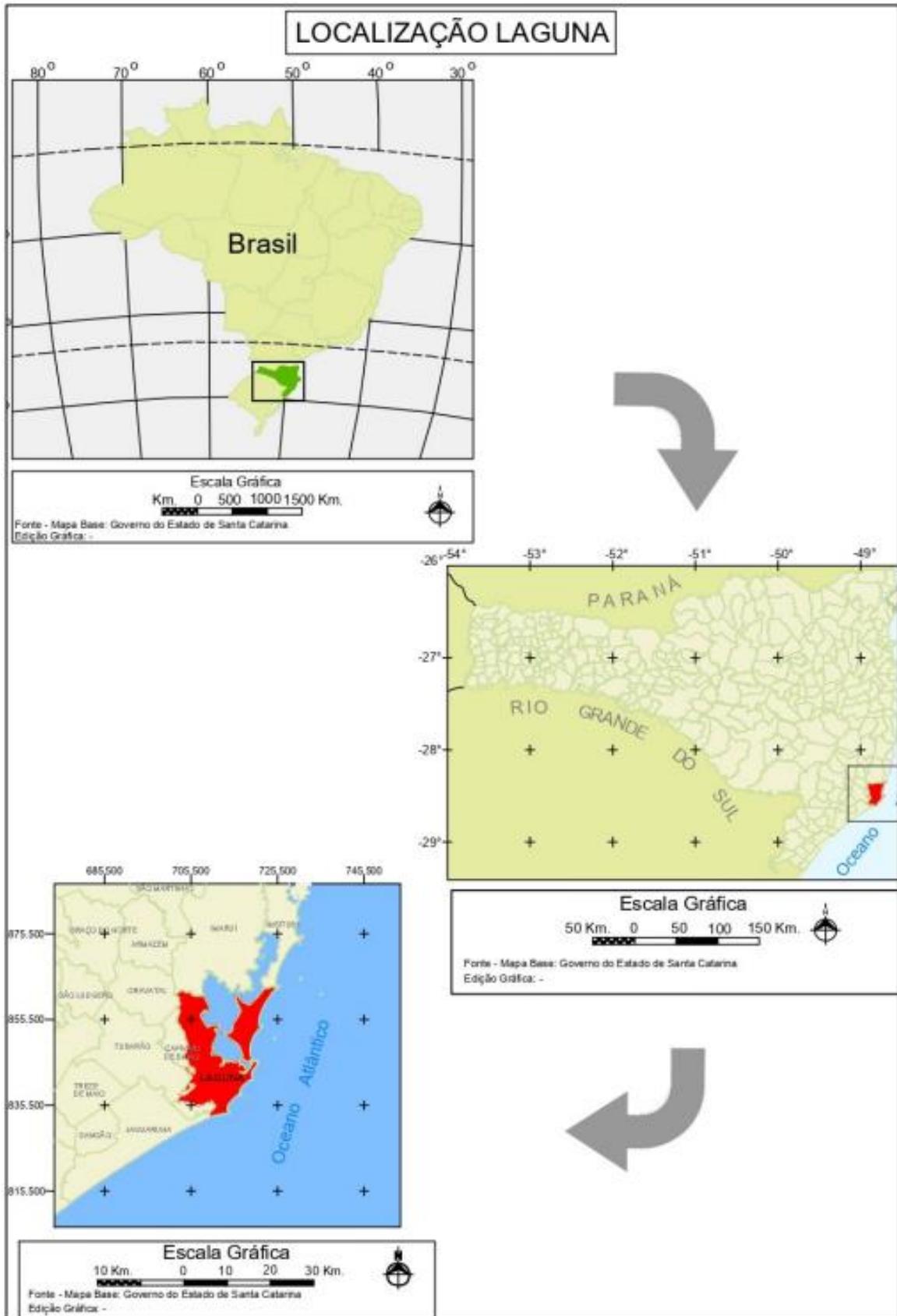
Naturalmente, a qualidade da pavimentação é um fator primordial tanto na qualidade de vida do morador da cidade quanto na atratividade turística do município. Porém, o que se observa no cotidiano são vias que apresentam diversas patologias, afetando a segurança da população no trânsito.

A Avenida Maurílio Kfourri, previamente conhecida como Avenida Rio Grande do Sul, possui 2.383,52 metros de extensão e tem início no Morro do Iró, terminando nos Molhes da Barra. A avenida possui tráfego elevado predominantemente na “temporada”, de novembro a março, quando ocorre a visitação às praias, as festas universitárias, festas de fim de ano e carnaval. No restante do ano, a tendência é atender os moradores dos edifícios à beira-mar, alguns pontos comerciais, praticantes de esportes ao ar livre e ocasionais turistas.

### 4.2 LOCALIZAÇÃO

Na figura abaixo temos o mapa de localização do Município representado em escala nacional e estadual, demonstrando inclusive municípios limítrofes.

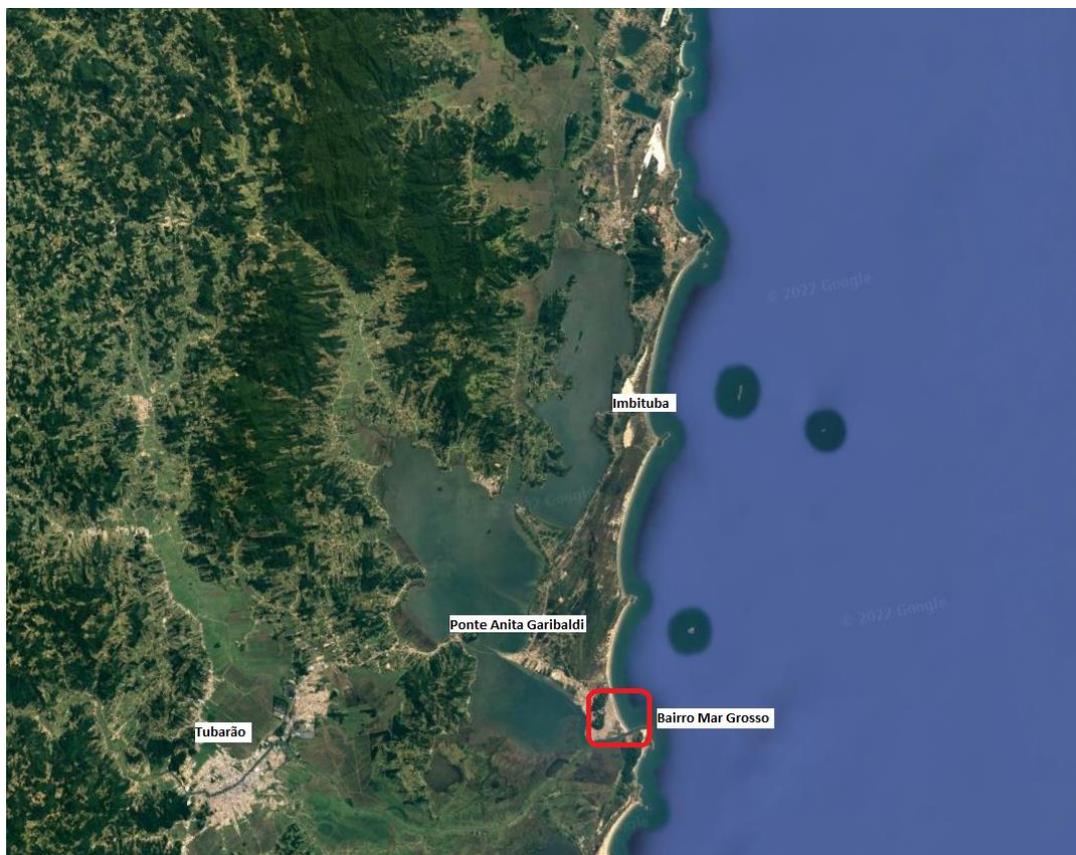
Figura 11 – Localização de Laguna



Fonte: Transcrito do IPAT/UNESC, 2021.

A figura 12 apresenta a localização do Bairro Mar Grosso.

Figura 12 – Localização do Bairro Mar Grosso



Fonte: Google Earth, adaptado pelos autores, 2022.

Na figura 13 temos apresentada a localização da Avenida Maurílio Kfourri, sendo esta o objeto do estudo.

Figura 13 – Localização da Avenida Maurílio KFourri



Fonte: Google Earth, adaptado pelos autores, 2022.

A Avenida Maurílio Kfourri possui 2.383,52m de comprimento e duas faixas de tráfego divididas por canteiro central, com cerca de 8,80m de largura no sentido sul e 6,40m no sentido norte, que se soma a 2,5m de largura da ciclovia.

### 4.3 CARACTERÍSTICAS DA RUA

Atualmente, a Rua é pavimentada com Lajota e apresenta a seguinte estrutura (figura 14), porém com espessuras de fundações desconhecidas, causando as patologias existentes.

Figura 14 – Pavimentação existente



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

### 4.4 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO

#### 4.4.1 CBR de Projeto

A resistência do solo local é um parâmetro imprescindível para a realização do dimensionamento de um pavimento. Seguindo as diretrizes contidas na norma DNIT 172/2016, realiza-se o ensaio de CBR (California Bearing Ratio).

No caso tratado neste trabalho, a empresa contratada pela Prefeitura realizou os ensaios de solo e chegou a um CBR de projeto igual à 12,59%.

#### 4.4.2 Determinação do Número “N”

O número de solicitações equivalentes ao eixo padrão de 8,2tf durante o período de projeto foi determinado a partir do estudo de tráfego conforme metodologia desenvolvida pela Prefeitura Municipal de São Paulo para Vias Urbanas.

Através do estudo de tráfego, obteve-se o valor de  $5,02 \times 10^6$ .

### 4.4.3 Dimensionamento das camadas de Pavimento Intertravado

Para o estudo de caso, utilizamos o método do procedimento B (PCA – Portland Cement Association), que, por definição, reduz ao mínimo a patologia chamada de “trilha de roda”, problema comumente encontrado no município.

#### 4.4.3.1 Método “B”

##### 4.4.3.1.1 Dimensionamento da camada de base

Com o objetivo de dimensionar a camada de base analisamos a Figura 7, que, para um CBR de 12,59 e número “N” de  $5,02 \times 10^6$ , prevê uma espessura mínima de 15cm para a camada de base granular.

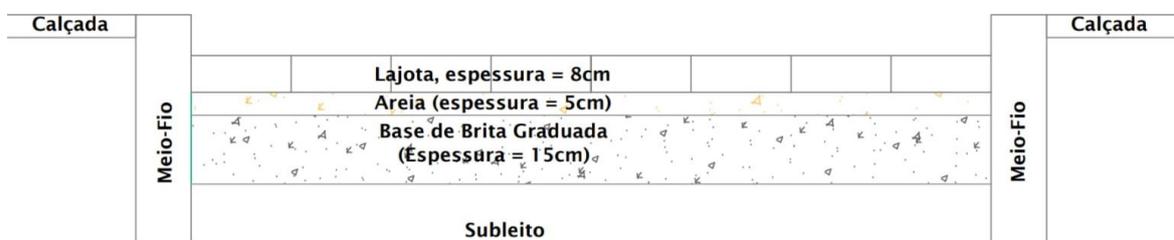
##### 4.4.3.1.2 Dimensionamento da espessura da lajota

Baseando-se no Número “N”, a Tabela 2 indica um bloco de 8 cm com fck mínimo de 35 a 40MPa.

##### 4.4.3.1.3 Seção Transversal

Considerando a camada base e a espessura da lajota calculadas, é possível definir o seguinte perfil transversal (figura 15), passando apenas para as larguras necessárias das ruas e ciclovias previstas em projeto.

Figura 15 – Pavimentação conforme o dimensionamento



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

## 5 QUANTITATIVOS E ORÇAMENTO

As figuras 16 a 20 representam a planilha orçamentária para a pavimentação realizada na revitalização na orla do Mar Grosso, compondo os materiais, quantidades, custo unitário (sem BDI) (R\$), BDI (%), preço unitário (com BDI) (R\$) e o preço total. Os valores foram tirados como base das composições, SINCRO e SINAP.

Figura 16 – Anexo 09 - Planilha Orçamentária, página 01

CAIXA		PO - PLANILHA ORÇAMENTÁRIA			Grau de Siglo					
		Orçamento Base para Licitação - (SELECIONAR)			#PUBLICO					
Nº OPERAÇÃO	Nº SICONV	PROponente / TOMADOR	APELIDO DO EMPREENDIMENTO							
0		0 PREFEITURA MUNICIPAL DE LAGUNA-SC	PAVIMENTAÇÃO DA AVENIDA MAURILIO KFOURI							
LOCALIDADE SINAPI	DATA BASE	DESCRIÇÃO DO LOTE	MUNICÍPIO / UF	BDI 1	BDI 2	BDI 3				
FLORIANOPOLIS	06-21 (N DES.)	LOTE 1	LAGUNA-SC	24,23%	16,80%	0,00%				
Item	Fonte	Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (sem BDI) (R\$)	BDI (%)	Preço Unitário (com BDI) (R\$)	Preço Total (R\$)	
<b>LOTE 1</b>									<b>4.983.400,79</b>	
1.			<b>AVENIDA MAURILIO KFOURI</b>						<b>-</b>	<b>4.983.400,79</b>
1.1.			<b>SERVIÇOS PRELIMINARES</b>						<b>-</b>	<b>125.693,87</b>
1.1.1.	Composição	CP-01	PLACA DE OBRA EM CHAPA GALVANIZADA "N. 22", ADESIVADA, DE 2,0 X 1,50" M - PADRÃO DO MUNICÍPIO	UH	4,00	776,90	BDI 1	965,14	3.860,56	CP
1.1.2.	Composição	CP-25	REMOÇÃO DE PAVIMENTO EM PISO INTERTRAVADO COM BLOCO DE CONCRETO SEXTAVADO COM REAPROVEITAMENTO DO MATERIAL	M2	24.916,58	1,53	BDI 1	1,90	47.341,50	CP
1.1.3.	SICRO	5914389	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M³ - RODOVIA EM RODOVIA PAVIMENTADA (BLOCO CONCRETO P/ BOTA-FORA DMT 4,7 KM, DENSIDADE 2,50 T/M³)	TKM	23.421,59	0,48	BDI 1	0,60	14.052,95	CP
1.1.4.	SICRO	1600441	REMOÇÃO DE PARALELEPÍPEDOS	M2	7.558,33	1,53	BDI 1	1,90	14.360,83	CP
1.1.5.	SICRO	5914389	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M³ - RODOVIA EM RODOVIA PAVIMENTADA (PARALELEPÍPEDO P/ BOTA-FORA DMT 4,7 KM, DENSIDADE 2,00 T/M³)	TKM	5.683,86	0,48	BDI 1	0,60	3.410,32	CP
1.1.6.	Composição	CP-24	REMOÇÃO DE MEIO FIO COM REAPROVEITAMENTO	M	6.613,00	3,95	BDI 1	4,91	32.469,83	CP
1.1.7.	SICRO	5914389	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M³ - RODOVIA EM RODOVIA PAVIMENTADA (MEIO FIO P/ BOTA-FORA DMT 4,7 KM, DENSIDADE 2,50 T/M³)	TKM	2.797,30	0,48	BDI 1	0,60	1.678,38	CP
1.1.8.	Composição	CP-26	REMOÇÃO DE PASSEIO EM PAVER RETANGULAR COM REAPROVEITAMENTO DO MATERIAL	M2	414,63	9,88	BDI 1	12,27	5.087,51	CP
1.1.9.	SICRO	1619003	DEMOLIÇÃO MECÂNICA DE CONCRETO ARMADO, COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA COM MARTELO HIDRÁULICO - SEM REAPROVEITAMENTO	M3	31,36	75,12	BDI 1	93,32	2.926,52	CP
1.1.10.	SICRO	5914389	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M³ - RODOVIA EM RODOVIA PAVIMENTADA (CAIXA COLETORA P/ BOTA-FORA DMT 4,7 KM, DENSIDADE 2,50 T/M³)	TKM	368,48	0,48	BDI 1	0,60	221,09	CP
1.1.11.	SINAPI	97636	DEMOLIÇÃO PARCIAL DE PAVIMENTO ASFÁLTICO, DE FORMA MECANIZADA, SEM REAPROVEITAMENTO. AF_12/2017	M2	14,71	15,28	BDI 1	18,98	279,20	CP
1.1.12.	SICRO	5914389	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M³ - RODOVIA EM RODOVIA PAVIMENTADA (ASFALTO P/ BOTA-FORA DMT 4,7 KM, DENSIDADE 2,50 T/M³)	TKM	8,64	0,48	BDI 1	0,60	5,18	CP
1.2.			<b>TERRAPLANAGEM</b>						<b>-</b>	<b>30.167,75</b>
1.2.1.	SICRO	5501710	ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE EM MATERIAL DE 1ª CATEGORIA - DMT DE 50 M	M3	5.673,82	1,62	BDI 1	2,01	11.404,38	CP
1.2.2.	SICRO	5914389	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M³ - RODOVIA EM RODOVIA PAVIMENTADA (SOLO ESCAVADO NÃO APROVEITADO P/ BOTA-FORA DMT 4,7 KM, DENSIDADE 1,50 T/M³)	TKM	31.272,28	0,48	BDI 1	0,60	18.763,37	CP
1.3.			<b>PAVIMENTAÇÃO</b>						<b>-</b>	<b>2.061.402,13</b>
1.3.1.	SINAPI	100577	REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO DE SOLO PREDOMINANTEMENTE ARENOSO. AF_11/2019	M2	31.786,81	0,79	BDI 1	0,98	31.151,07	CP
1.3.2.	SICRO	4011279	SUB-BASE DE MACADAME SECO COM BRITA COMERCIAL, ESPESSURA DE 15 CM	M3	4.105,01	90,00	BDI 1	111,81	458.981,17	CP

PMV3.0.4

*Bruno B. Machado*

1/5

Fonte: Memorial Pav Mar Grosso, Anexo 09-Orçamento, 2021.

Figura 17 – Anexo 09 - Planilha Orçamentária, página 02

Nº OPERAÇÃO		Nº SICONV	PROponente / TOMADOR	APELIDO DO EMPREENDIMENTO		
0			PREFEITURA MUNICIPAL DE LAGUNA-SC	PAVIMENTAÇÃO DA AVENIDA MAURILIO KFOURI		
LOCALIDADE SINAPI	DATA BASE	DESCRIÇÃO DO LOTE	MUNICÍPIO / UF	BDI 1	BDI 2	BDI 3
FLORIANÓPOLIS	06-21 (N DES)	LOTE 1	LAGUNA-SC	24,23%	16,80%	0,00%

Item	Fonte	Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (sem BDI) (R\$)	BDI (%)	Preço Unitário (com BDI) (R\$)	Preço Total (R\$)	RECURSO
<b>LOTE 1</b>									<b>4.983.400,79</b>	
1.3.3.	SICRO	5914389	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M <sup>3</sup> - RODOVIA EM RODOVIA PAVIMENTADA (MACADAME DMT 34,0 KM, DENSIDADE 1,35 T/M <sup>3</sup> )	TKM	188.419,87	0,48	BDI 1	0,60	113.051,92	CP
1.3.4.	SICRO	4011276	BASE DE BRITA GRADUADA COM BRITA COMERCIAL, ESPESURA DE 18 CM (PISTA) OU 15 CM (CICLOFAIXA DOS QUIOSQUES)	M3	5.589,02	95,00	BDI 1	118,02	659.616,14	CP
1.3.5.	SICRO	5914389	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M <sup>3</sup> - RODOVIA EM RODOVIA PAVIMENTADA (BRITA GRADUADA DMT 34,0 KM, DENSIDADE 1,60 T/M <sup>3</sup> )	TKM	304.042,86	0,48	BDI 1	0,60	182.425,72	CP
1.3.6.	SICRO	4011351	IMPRIMAÇÃO COM ASFALTO DILUÍDO	M2	31.786,81	0,23	BDI 1	0,29	9.218,17	CP
1.3.7.	SICRO	4011353	PIHTURA DE LIGAÇÃO	M2	31.786,81	0,17	BDI 1	0,21	6.675,23	CP
1.3.8.	SICRO	4011463	CONCRETO ASFÁLTICO - FAIXA C - AREIA E BRITA COMERCIAIS, CAMADA DE ESPESURA 5 CM (PISTA) OU 4 CM (CICLOFAIXA DOS QUIOSQUES)	T	3.822,24	110,00	BDI 1	136,65	522.309,10	CP
1.3.9.	SICRO	5914389	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M <sup>3</sup> - RODOVIA EM RODOVIA PAVIMENTADA (MASSA ASFÁLTICA USINA P/ OBRA DMT 34,0 KM, DENSIDADE 2,90 T/M <sup>3</sup> )	TKM	129.956,02	0,48	BDI 1	0,60	77.973,61	CP
<b>1.4.</b>			<b>LIGANTES BETUMINOSOS</b>					-	<b>1.403.576,83</b>	
1.4.1.	Cotação	CT-16	ASFALTO DILUÍDO PARA IMPRIMAÇÃO (ALTERNATIVO)	T	38,14	3.195,00	BDI 2	3.731,76	142.329,33	CP
1.4.2.	SINAPI	102331	TRANSPORTE COM CAMINHÃO TANQUE DE TRANSPORTE DE MATERIAL ASFÁLTICO DE 30000 L, EM VIA URBANA PAVIMENTADA (UNIDADE: TXKM) (ASFALTO DILUÍDO REFINARIA P/ OBRA DMT 352,0 KM)	TXKM	13.426,75	0,37	BDI 1	0,46	6.176,31	CP
1.4.3.	Cotação	CT-17	EMULSÕES ASFÁLTICAS RR-2C	T	15,89	3.456,50	BDI 2	4.037,19	64.150,95	CP
1.4.4.	SINAPI	102331	TRANSPORTE COM CAMINHÃO TANQUE DE TRANSPORTE DE MATERIAL ASFÁLTICO DE 30000 L, EM VIA URBANA PAVIMENTADA (UNIDADE: TXKM) (EMULSÃO ASFÁLTICA REFINARIA P/ OBRA DMT 352,0 KM)	TXKM	5.594,48	0,37	BDI 1	0,46	2.573,46	CP
1.4.5.	Cotação	CT-18	CIMENTO ASFÁLTICO CAP 50/70	T	210,22	4.711,00	BDI 2	5.502,45	1.156.725,04	CP
1.4.6.	SINAPI	102331	TRANSPORTE COM CAMINHÃO TANQUE DE TRANSPORTE DE MATERIAL ASFÁLTICO DE 30000 L, EM VIA URBANA PAVIMENTADA (UNIDADE: TXKM) (CAP 50/70 REFINARIA P/ USINA DMT 327,0 KM)	TXKM	68.742,91	0,37	BDI 1	0,46	31.621,74	CP
<b>1.5.</b>			<b>DRENAGEM E OBRAS DE ARTE CORRENTES</b>					-	<b>1.029.989,90</b>	
1.5.1.	SICRO	4805757	ESCVAÇÃO MECÂNICA DE VALA EM MATERIAL DE 1ª CATEGORIA	M3	1.980,76	4,69	BDI 1	5,83	11.594,47	CP
1.5.2.	Composição	CP-09	ASSENTAMENTO DE TUBO DE CONCRETO PS2, ENCAIXE MACHO-FEMEA, DIÂMETRO 400mm, COM MANTA GEOTÊXTIL	M	1.038,00	89,54	BDI 1	86,39	89.672,82	CP
1.5.3.	Cotação	CT-04	FORNECIMENTO DE TUBO DE CONCRETO PS2, ENCAIXE MACHO-FEMEA, DIÂMETRO 400mm	M	1.038,00	48,00	BDI 2	56,06	58.190,28	CP
1.5.4.	Composição	CP-11	ASSENTAMENTO DE TUBO DE CONCRETO PS2, ENCAIXE MACHO-FEMEA, DIÂMETRO 600mm, COM MANTA GEOTÊXTIL	M	209,00	88,05	BDI 1	109,38	22.860,42	CP
1.5.5.	Composição	CP-21	ASSENTAMENTO DE TUBO DUPLO DE CONCRETO PS2, ENCAIXE MACHO-FEMEA, 2 x DIÂMETRO 600mm, COM MANTA GEOTÊXTIL	M	314,00	145,34	BDI 1	180,56	56.695,84	CP

PMv3.0.4

Bruno B. Machado

2/5

Fonte: Memorial Pav Mar Grosso, Anexo 09-Orçamento, 2021.

Figura 18 – Anexo 09 - Planilha Orçamentária, página 03

Nº OPERAÇÃO		Nº SICONV	PROponente / TOMADOR	APELIDO DO EMPREENDIMENTO		
0		0	PREFEITURA MUNICIPAL DE LAGUNA-SC	PAVIMENTAÇÃO DA AVENIDA MAURILIO KFOURI		
LOCALIDADE SINAPI	DATA BASE	DESCRIÇÃO DO LOTE	MUNICÍPIO / UF	BDI 1	BDI 2	BDI 3
FLORIANÓPOLIS	06-21 (N DES.)	LOTE 1	LAGUNA-SC	24,23%	16,80%	0,00%

Item	Fonte	Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (sem BDI) (R\$)	BDI (%)	Preço Unitário (com BDI) (R\$)	Preço Total (R\$)	RECURSO
<b>LOTE 1</b>										
1.5.6.	Cotação	CT-06	FORNECIMENTO DE TUBO DE CONCRETO PS2, ENCAIXE MACHO-FEMEA, DIÂMETRO 600mm	M	837,00	75,00	BDI 2	87,60	73.321,20	CP
1.5.7.	SICRO	4915671	REATERRO E COMPACTAÇÃO COM SOQUETE VIBRATÓRIO	M3	1.460,14	16,56	BDI 1	20,57	30.035,08	CP
1.5.8.	SICRO	2003850	LASTRO DE BRITA COMERCIAL	M3	181,30	82,97	BDI 1	103,07	18.686,59	CP
1.5.9.	SINAPI	94968	CONCRETO MAGRO PARA LASTRO, TRAÇO 1 4,5 4,5 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_052021	M3	345,06	314,00	BDI 1	390,08	134.601,00	CP
1.5.10.	SICRO	2003644	CAIXA DE LIGAÇÃO E PASSAGEM - CLP 02 - AREIA E BRITA COMERCIAIS	UN	13,00	1.354,79	BDI 1	1.683,06	21.879,78	CP
1.5.11.	SICRO	2003652	CAIXA DE LIGAÇÃO E PASSAGEM - CLP 06 - AREIA E BRITA COMERCIAIS	UN	19,00	2.800,00	BDI 1	3.478,44	66.090,36	CP
1.5.12.	SICRO	804061	BOCA BSTC D = 0,40 M - ESCONSIDADE 0° - AREIA E BRITA COMERCIAIS - ALAS RETAS	UN	18,00	308,60	BDI 1	383,37	6.900,66	CP
1.5.13.	SICRO	804081	BOCA BSTC D = 0,60 M - ESCONSIDADE 0° - AREIA E BRITA COMERCIAIS - ALAS RETAS	UN	6,00	618,18	BDI 1	767,97	4.607,82	CP
1.5.14.	SICRO	804213	BOCA BDTC D = 0,60 M - ESCONSIDADE 0° - AREIA E BRITA COMERCIAIS - ALAS RETAS	UN	9,00	1.262,35	BDI 1	1.568,22	14.113,98	CP
1.5.15.	Composição	CP-16	CAIXA COLETORA DE PAREDES EM BLOCO ESTRUTURAL, GRELHA EM FERRO FUNDIDO E FUNDO EM CONCRETO MAGRO, DIMENSÕES 1,10x0,50x1,08m	UN	68,00	798,73	BDI 1	992,26	67.473,68	CP
1.5.16.	Composição	CP-30	CAIXA COLETORA E CONDUTORA DE PAREDES EM BLOCO ESTRUTURAL, GRELHA DUPLA EM FERRO FUNDIDO, TAMPA DE CONCRETO ARMADO E FUNDO EM CONCRETO MAGRO E BRITA, DIMENSÕES 1,10x1,49x1,29m	UN	33,00	1.676,96	BDI 1	2.083,29	68.748,57	CP
1.5.17.	Composição	CP-31	CAIXA COLETORA E CONDUTORA DE PAREDES EM BLOCO ESTRUTURAL, GRELHA DUPLA EM FERRO FUNDIDO, TAMPA DE CONCRETO ARMADO E FUNDO EM CONCRETO MAGRO E BRITA, DIMENSÕES 1,10x1,1x1,28m	UN	1,00	1.312,77	BDI 1	1.630,85	1.630,85	CP
1.5.18.	Composição	CP-04	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE MEIO FIO PRÉ-MOLDADO DIMENSÕES 12x10x30CM	M	8.150,00	27,94	BDI 1	34,71	282.886,50	CP
<b>1.6. SINALIZAÇÃO HORIZONTAL E VERTICAL</b>										
1.6.1.	SICRO	5213403	PINTURA DE FAIXA - TINTA BASE ACRÍLICA EMULSIONADA EM ÁGUA - ESPESURA DE 0,5 MM - COR AMARELA	M2	81,50	15,00	BDI 1	18,63	1.518,35	CP
1.6.2.	SICRO	5213403	PINTURA DE FAIXA - TINTA BASE ACRÍLICA EMULSIONADA EM ÁGUA - ESPESURA DE 0,5 MM - COR BRANCA	M2	2.099,24	15,00	BDI 1	18,63	39.108,84	CP
1.6.3.	SICRO	5213403	PINTURA DE FAIXA - TINTA BASE ACRÍLICA EMULSIONADA EM ÁGUA - ESPESURA DE 0,5 MM - COR VERMELHA	M2	344,70	15,00	BDI 1	18,63	6.421,76	CP
1.6.4.	SINAPI	102513	PINTURA DE SÍMBOLOS E TEXTOS COM TINTA ACRÍLICA, DEMARCAÇÃO COM FITA ADESIVA E APLICAÇÃO COM ROLO (PINTURA VAGAS ESPECIAIS E CICLOFAIXA)	M2	60,81	40,61	BDI 1	50,45	3.067,86	CP
									<b>127.706,31</b>	

PMV3.0.4

Bruno B. Machado

3/5

Fonte: Memorial Pav Mar Grosso, Anexo 09-Orçamento, 2021.

Figura 19 – Anexo 09 - Planilha Orçamentária, página 04

Nº OPERAÇÃO		Nº SICOV	PROponente / Tomador	APELIDO DO EMPREENDIMENTO			Grau de Sigilo	
0		0	PREFEITURA MUNICIPAL DE LAGUNA-SC	PAVIMENTAÇÃO DA AVENIDA MAURILIO KFOURI			#PÚBLICO	
LOCALIDADE SINAPI		DATA BASE	DESCRIÇÃO DO LOTE	MUNICÍPIO / UF	BDI 1	BDI 2	BDI 3	
FLORIANOPOLIS		06-21 (N. DES.)	LOTE 1	LAGUNA-SC	24,23%	16,80%	0,00%	

Item	Fonte	Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (sem BDI) (R\$)	BDI (%)	Preço Unitário (com BDI) (R\$)	Preço Total (R\$)	
<b>LOTE 1</b>										
1.6.5.	SICRO	5213444	FORNECIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE PLACA DE REGULAMENTAÇÃO EM AÇO, R1 LADO 0,248 M - PELÍCULA RETRORREFLETIVA TIPO I + SI	UN	18,00	175,28	BDI 1	217,75	3.919,50	CP
1.6.6.	SICRO	5213856	FORNECIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE SUPORTE METÁLICO GALVANIZADO PARA PLACA DE REGULAMENTAÇÃO - R1 - LADO DE 0,248 M	UN	18,00	284,01	BDI 1	352,83	6.350,94	CP
1.6.7.	SICRO	5213440	FORNECIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE PLACA DE REGULAMENTAÇÃO EM AÇO D = 0,60 M - PELÍCULA RETRORREFLETIVA TIPO I + SI	UN	10,00	168,94	BDI 1	209,87	2.098,70	CP
1.6.8.	SICRO	5213851	FORNECIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE SUPORTE METÁLICO GALVANIZADO PARA PLACA DE REGULAMENTAÇÃO - D = 0,60 M	UN	10,00	264,83	BDI 1	329,00	3.290,00	CP
1.6.9.	SICRO	5213464	FORNECIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE PLACA DE ADVERTÊNCIA EM AÇO, LADO DE 0,60 M - PELÍCULA RETRORREFLETIVA TIPO I + SI	UN	36,00	203,35	BDI 1	252,62	9.094,32	CP
1.6.10.	SICRO	5213863	FORNECIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE SUPORTE METÁLICO GALVANIZADO PARA PLACA DE ADVERTÊNCIA - LADO DE 0,60 M	UN	36,00	331,74	BDI 1	412,12	14.836,32	CP
1.6.11.	Composição	CP-02	FORNECIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE PLACA DE IDENTIFICAÇÃO DE RUA 30x60cm (DUPLA NO MESMO SUPORTE), EM CHAPA GALVANIZADA, COM SUPORTE DE TUBO GALVANIZADO A FOGO	UN	19,00	428,99	BDI 1	532,93	10.125,67	CP
1.6.12.	SICRO	5219614	TACHA REFLETIVA EM PLÁSTICO INJETADO - MONODIRECIONAL TIPO II - FORNECIMENTO E COLOCAÇÃO	UN	537,00	18,00	BDI 1	22,36	12.007,32	CP
1.6.13.	Composição	CP-27	FORNECIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE PLACA RETANGULAR EM AÇO COM DIMENSÕES 0,50 X 0,80 M, COM SUPORTE METÁLICO GALVANIZADO E PELÍCULA I + III (ESTACIONAMENTO EXCLUSIVO MOTOS)	UN	7,00	412,00	BDI 1	511,83	3.582,81	CP
1.6.14.	Composição	CP-28	FORNECIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE PLACA RETANGULAR EM AÇO COM DIMENSÕES 0,50 X 0,80 M, COM SUPORTE METÁLICO GALVANIZADO E PELÍCULA I + III (VAGA IDOSO)	UN	12,00	412,00	BDI 1	511,83	6.141,96	CP
1.6.15.	Composição	CP-29	FORNECIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE PLACA RETANGULAR EM AÇO COM DIMENSÕES 0,50 X 0,80 M, COM SUPORTE METÁLICO GALVANIZADO E PELÍCULA I + III (VAGA PCD)	UN	12,00	412,00	BDI 1	511,83	6.141,96	CP
<b>1.7. OBRAS COMPLEMENTARES</b>										
1.7.1.	Composição	CP-05	EXECUÇÃO DE PASSEIO (CALÇADA) COM CONCRETO MOLDADO IN LOCO ESPESURA 6,0 CM, FEITO EM OBRA, ACABAMENTO CONVENCIONAL, NÃO ARMADO, LASTRO DE BRITA DE 6,0 CM AF_07/2016	M2	188,59	49,54	BDI 1	61,54	11.605,83	CP
1.7.2.	Composição	CP-06	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE PISO PODOTÁTIL - DIRECIONAL E ALERTA - DE 40 X 40 X 2,5 CM	M	157,00	25,79	BDI 1	32,04	5.030,28	CP
1.7.3.	Composição	CP-22	EXECUÇÃO DE PASSEIO EM PISO INTERTRAVADO COM PAVER RETANGULAR DE 20x10x6cm ASSENTADO COM CAMA DE PÓ DE PEDRA DE 4CM	M2	2.273,29	47,84	BDI 1	59,43	135.101,62	CP
1.7.4.	Composição	CP-23	EXECUÇÃO DE PASSEIO EM PISO INTERTRAVADO COM PAVER RETANGULAR REAPROVEITADO ASSENTADO COM CAMA DE PÓ DE PEDRA DE 4CM	M2	414,63	11,22	BDI 1	13,94	5.779,94	CP
									<b>4.983.409,79</b>	

PMv3.0.4

Bruno B. Machado

4/5

Fonte: Memorial Pav Mar Grosso, Anexo 09-Orçamento, 2021.

Figura 20 – Anexo 09 - Planilha Orçamentária, página 05

<b>CAIXA</b>		PO - PLANILHA ORÇAMENTÁRIA Orçamento Base para Licitação - (SELECIONAR)			Grau de Sigilo #PUBLICO		
Nº OPERAÇÃO 0	Nº SICOV	PROponente / TOMADOR PREFEITURA MUNICIPAL DE LAGUNA-SC	APELIDO DO EMPREENDIMENTO PAVIMENTAÇÃO DA AVENIDA MAURILIO KFOURI				
LOCALIDADE SINAPI FLORIANOPOLIS	DATA BASE 06-21 (N DES.)	DESCRIÇÃO DO LOTE LOTE 1	MUNICÍPIO / UF LAGUNA-SC	BDI 1 24,23%	BDI 2 16,80%	BDI 3 0,00%	

Item	Fonte	Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (sem BDI) (R\$)	BDI (%)	Preço Unitário (com BDI) (R\$)	Preço Total (R\$)	
<b>LOTE 1</b>										
1.7.5.	SICRO	5501701	DESTOCAMENTO DE ÁRVORES COM DIÂMETRO DE 0,15 A 0,30 M	UN	26,00	22,97	BDI 1	28,54	742,04	CP
1.7.6.	Cotação	CT-19	REALOCAÇÃO DE POSTES (MÃO DE OBRA)	UN	6,00	1.750,00	BDI 1	2.174,03	13.044,18	CP
1.7.7.	SICRO	4413996	ENLAVAMENTO	M2	3.809,32	7,09	BDI 1	8,81	33.560,11	CP

Encargos sociais: Para elaboração deste orçamento, foram utilizados os encargos sociais do SINAPI para a Unidade da Federação indicada.

Observações:

Foi considerado arredondamento de duas casas decimais para Quantidade; Custo Unitário; BDI; Preço Unitário; Preço Total.  
Stilas da Composição do Investimento: RA - Rateio proporcional entre Repasse e Contrapartida, RP - 100% Repasse; CP - 100% Contrapartida; OU - 100% Outros.

LAGUNA-SC  
Local  
segunda-feira, 16 de agosto de 2021  
Data

*Bruno B. Machado*  
Responsável Técnico  
Nome: Bruno Bianchin Machado  
CREA/CAU: 104540-8  
ART/RRT: 7901607-7

Fonte: Memorial Pav Mar Grosso, Anexo 09-Orçamento, 2021.

De acordo com os quantitativos e valores realizados no projeto de pavimentação da avenida, no ANEXO 09-ORÇAMENTO precisamos apenas retirar:

Do Item 1.3 – Pavimentação no total de R\$ 2.061.402,13 retiramos:

- 1) Item 1.3.2 – SUB-BASE DE MACADAME SECO COM BRITA COMERCIAL, ESPESSURA DE 15 cm, no total de R\$ 457.981,17.
- 2) Item 1.3.3 - TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 m<sup>3</sup> - RODOVIA EM RODOVIA PAVIMENTADA (MACADAME DMT 34,0 km, DENSIDADE 1,35 t/m<sup>3</sup>), no total de R\$ 113.051,32.
- 3) Item 1.3.6 - IMPRIMAÇÃO COM ASFALTO DILUÍDO, no total de R\$ 9.218,17.
- 4) Item 1.3.7 – PINTURA DE LIGAÇÃO, no total de R\$ 6.675,23.
- 5) Item 1.3.8 - CONCRETO ASFÁLTICO - FAIXA C - AREIA E BRITA COMERCIAIS, CAMADA DE ESPESSURA 5 cm (PISTA) OU 4 cm (CICLOFAIXA DOS QUIOSQUES), no total de R\$ 522.309,10.
- 6) Item 1.3.9 - TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 m<sup>3</sup> - RODOVIA EM RODOVIA PAVIMENTADA (MASSA ASFÁLTICA USINA P/ OBRA DMT 34,0 km, DENSIDADE 2,50 t/m<sup>3</sup>), no total de R\$ 77.973,61.

Do Item 1.4 – Ligantes Betuminosos no valor total de R\$ 1.403.576,83.

Foi retirado todo o custo, uma vez que para a pavimentação intertravada não usamos nenhum dos itens citados.

As figuras 21 e 22 representam a planilha das composições para o orçamento dos serviços de pavimentação com paver retangular de concreto e bloco de concreto sextavado, que para a planilha base para o orçamento apresentam os mesmos coeficientes e custos unitários diferenciando apenas para o bloco sextavado que apresenta um valor menor, porém tomando como base para o orçamento o valor maior de bloco retangular (paver) que já apresenta seu custo unitário (m<sup>2</sup>) no orçamento para a calçada na obra.

Figura 21 – Anexo 12 - Composições, página 01

FONTE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	COEFIC.	CUSTO UNIT DESONERADO	CUSTO UNIT NÃO DESONER
	CP-03	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO EM PISO INTERTRAVADO COM BLOCO DE CONCRETO SEXTAVADO DE 30x30x8cm ASSENTADO COM CAMA DE PÓ DE PEDRA DE 4CM	M2		32,55	43,77
	CT-02	FORNECIMENTO DE BLOCO SEXTAVADO DE CONCRETO DE 30x30M E ESPESSURA DE 8CM, RESISTÊNCIA 35 MPa	M2	1,0174	32,00	32,00
SINAPI-I	4741	PO DE PEDRA (POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE)	M3	0,0464	0,00	63,42
SINAPI	88260	CALCETEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1853	0,00	23,84
SINAPI	88316	SERVEENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1853	0,00	18,75
SINAPI	91277	PLACA VIBRATÓRIA REVERSÍVEL COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, FORÇA CENTRÍFUGA DE 25 KN (2500 KGF), POTÊNCIA 5,5 CV - CHP DIURNO. AF_08/2015	CHP	0,0055	0,00	8,70
SINAPI	91278	PLACA VIBRATÓRIA REVERSÍVEL COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, FORÇA CENTRÍFUGA DE 25 KN (2500 KGF), POTÊNCIA 5,5 CV - CHI DIURNO. AF_08/2015	CHI	0,0872	0,00	0,51
SINAPI	91283	CORTADORA DE PISO COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, POTÊNCIA DE 13 HP, COM DISCO DE CORTE DIAMANTADO SEGMENTADO PARA CONCRETO, DIÂMETRO DE 350 MM, FURO DE 1" (14 X 1") - CHP DIURNO. AF_08/2015	CHP	0,0135	0,00	19,93
SINAPI	91285	CORTADORA DE PISO COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, POTÊNCIA DE 13 HP, COM DISCO DE CORTE DIAMANTADO SEGMENTADO PARA CONCRETO, DIÂMETRO DE 350 MM, FURO DE 1" (14 X 1") - CHI DIURNO. AF_08/2015	CHI	0,0792	0,00	0,80

Fonte: Anexo 12-Composições, Planilha Referência.xls versão 1.8 – Desenvolvida por Caixa Econômica Federal.

Figura 22 – Anexo 12 - Composições, páginas 03 e 04.

COMPOSIÇÃO	CP-22	EXECUÇÃO DE PASSEIO EM PISO INTERTRAVADO COM PAVER RETANGULAR DE 20x10x6cm ASSENTADO COM CAMA DE PÓ DE PEDRA DE 4CM	M2		36,62	47,84
	CT-12	PAVER RETANGULAR DE CONCRETO ESPESSURA 6CM	M2	1,0174	36,00	36,00
SINAPI-I	4741	PO DE PEDRA (POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE)	M3	0,0464	0,00	63,42
SINAPI	88260	CALCETEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1853	0,00	23,84
SINAPI	88316	SERVEENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1853	0,00	18,75
SINAPI	91277	PLACA VIBRATÓRIA REVERSÍVEL COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, FORÇA CENTRÍFUGA DE 25 KN (2500 KGF), POTÊNCIA 5,5 CV - CHP DIURNO. AF_08/2015	CHP	0,0055	0,00	8,70
SINAPI	91278	PLACA VIBRATÓRIA REVERSÍVEL COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, FORÇA CENTRÍFUGA DE 25 KN (2500 KGF), POTÊNCIA 5,5 CV - CHI DIURNO. AF_08/2015	CHI	0,0872	0,00	0,51

Planilha Referência.xls versão 1.8 - Desenvolvido por Caixa Econômica Federal - Conteúdo sob responsabilidade do usuário

3

*Bruno B. Machado*

FONTE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	COEFIC.	DESONERADO	NÃO DESONER.
SINAPI	91283	CORTADORA DE PISO COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, POTÊNCIA DE 13 HP, COM DISCO DE CORTE DIAMANTADO SEGMENTADO PARA CONCRETO, DIÂMETRO DE 350 MM, FURO DE 1" (14 X 1") - CHP DIURNO. AF_08/2015	CHP	0,0135	0,00	19,93
SINAPI	91285	CORTADORA DE PISO COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, POTÊNCIA DE 13 HP, COM DISCO DE CORTE DIAMANTADO SEGMENTADO PARA CONCRETO, DIÂMETRO DE 350 MM, FURO DE 1" (14 X 1") - CHI DIURNO. AF_08/2015	CHI	0,0792	0,00	0,80

Fonte: Anexo 12-Composições, Planilha Referência.xls versão 1.8 – Desenvolvida por Caixa Econômica Federal.

Os itens mencionados acima totalizam um valor de R\$ 2.590.785,43 para as etapas necessárias da pavimentação asfáltica. Levando em conta que a área total a ser pavimentada com bloco intertravado é de aproximadamente 31.786,81 m<sup>2</sup> e utilizando o item 1.7.3 da

planilha, que apresenta coeficientes iguais para a pavimentação com blocos sextavados, considerando o custo do material (blocos sextavados) com um valor mais elevado por metro quadrado, chegamos a um BDI de 59,43 por m<sup>2</sup>. Dessa forma, estimamos um custo aproximado de R\$ 1.889.090,118 para a pavimentação com lajotas, sem considerar o serviço de terraplanagem, uma vez que a camada de macadame não é necessária.

A pavimentação com blocos sextavados apresenta um valor consideravelmente menor em comparação com a pavimentação asfáltica. Ambas possuem vantagens e desvantagens, no entanto, no caso específico de uma orla de praia, a pavimentação com blocos de concreto oferece algumas vantagens que devem ser consideradas.

Segundo Godinho (2009), as peças pré-moldadas de concreto – PPC – são duráveis e rígidas como as placas de concreto, tendo, ao mesmo tempo, a flexibilidade associada aos pavimentos asfálticos. Desse ponto de vista temos os desempenhos muito parecidos, porém o conforto para os usuários é um ponto a ser levado em consideração, já que para a pavimentação pré-moldada, há uma “trepidação” maior nos veículos.

Por se tratar de uma orla, é de se esperar uma boa iluminação para as noites, tendo em vista que a pavimentação intertravada tem maior visibilidade e segurança e permite até 30% a mais de reflexão da luz (STARK, 1986).

## 6 CONCLUSÃO

Com base no desenvolvimento deste trabalho, conclui-se que, para a pavimentação da orla do Mar Grosso em Laguna, a utilização de lajotas pode resultar em um custo total da obra mais baixo. Economicamente falando, a opção pela pavimentação asfáltica acarreta em um custo mais elevado devido às etapas adicionais necessárias em comparação com a pavimentação intertravada. Essas etapas adicionais têm um impacto direto no custo final total. Apesar de a pavimentação asfáltica utilizar processos quase inteiramente mecanizados, ela se mostrou significativamente mais cara em termos de custo.

A pavimentação com lajotas apresenta vantagens e desvantagens, sendo que, para o caso específico da pavimentação da orla do Mar Grosso, ela se destaca pela facilidade de manutenção e pelo reaproveitamento de todo o material utilizado (base, sub-base e subleito). Além disso, quando é necessário realizar reparos ou substituições, desde que não haja contaminação dos materiais granulares ou danos às peças de concreto, a manutenção pode ser feita de maneira mais simples. Em uma praia com dunas, como é o caso estudado, é comum o acúmulo de areia nos sistemas de drenagem, o que demanda uma manutenção mais frequente e, conseqüentemente, a retirada do pavimento, sendo esta uma grande vantagem do pavimento intertravado em relação ao asfalto.

Por outro lado, uma via asfaltada proporciona maior conforto e atratividade para turistas e moradores, sendo preferível do ponto de vista urbanístico, uma vez que há uma associação cultural das ruas asfaltadas com o desenvolvimento e a organização de uma cidade. Além dos aspectos mencionados, é necessário considerar a produtividade, pois a maioria das atividades relacionadas à pavimentação asfáltica são automatizadas, o que resulta em um tempo de execução menor e menor dependência de mão de obra.

## REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR15953:** Pavimento intertravado com peças de concreto – Execução. Rio de Janeiro, 2011.

ALBANO, João F. **Hierarquia e classificação funcional de vias rurais e urbanas.** Tópicos avançados de vias rurais e urbanas. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. **Dosagem das misturas de solo-cimento: normas de dosagem e métodos de ensaio.** São Paulo-SP, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Execução e Manutenção de Pavimento Intertravado.** 2010.

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

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

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros.** Rio de Janeiro: PETROBRÁS: ABEDA, 2008.

CARVALHO, M. D. **Pavimentação com Peças Pré-moldadas de Concreto, ET-27.** Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP, São Paulo, Brasil, 1998.

DNIT (2006). **Manual de Pavimentação.** 3 ed. – Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUTURA DO ESTADO DE SANTA CATARINA (DEINFRA). **Pavimentação: Camada de Macadame Seco.** 2015.

DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUTURA DO ESTADO DE SANTA CATARINA (DEINFRA). **Pavimentação: Regularização do Subleito.** 2016.

DNIT (2006). **Pavimentação – Imprimição com ligante asfáltico – Especificações de serviço.** 1 ed. – Rio de Janeiro, 2014.

DNIT (2006). **Pavimentação – Pintura com ligação com ligante asfáltico – Especificações de serviço**. 1 ed. – Rio de Janeiro, 2012.

GODINHO, Dalter P. Pavimento Intertravado: uma reflexão sob a ótica da durabilidade e sustentabilidade. 2009, 158 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

MAPA DA OBRA. Votorantim Cimentos, **Pavimentos rígidos: solução para corredores de ônibus**, 2016. Disponível em: <http://www.mapadaobra.com.br/inovacao/pavimento-rigido-para-corredores-de-onibus>. Acesso em: 30/09/2022.

MARGARY, I. *Roman roads in Britain*. London: John Baker, 1973.

PINTO, Salomão; PINTO, Isaac Eduardo. Pavimentação Asfáltica - Conceitos Fundamentais sobre Materiais e Revestimentos Asfálticos. LTC, 07/2015.

PINTO, S; PREUSSLER, E. **Pavimentação Rodoviária: conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis**. 1 ed. Rio de Janeiro: Copiarte, 2002.

Prefeitura Municipal de São Paulo. (2004) **IP 06/2004**. São Paulo.

SAUNIER, B.; DOLFUS, C.; GEFFROY, G. *Histoire de la locomotion terrestre*. v. II. Paris: L'illustration, 1936.

SENÇO, W. de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 2 ed. São Paulo: Pini, 2007. 1 v.

STARK, RICHARD E. (1986). “Road Surfaces Reflectance Influences Lighting Desig, Lighting Design and Application”, Portland Cement Association RP269 , Skokie, Illinois, 1986, 7 pages. Reprinted with permission from Lighting Design+ Application, April 1986.

WILD, O. *The silk road*. 1992. Disponível em: [http://www.cais-soas.com/CAIS/Geography/silk\\_road.htm](http://www.cais-soas.com/CAIS/Geography/silk_road.htm). Acesso em: 27/09/2022.