



# CRICTE 2017

XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia



## ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO ENTRE PAVIMENTOS DE CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND, BLOCOS INTERTRAVADOS E CONCRETO ASFÁLTICO

**Annie Marques Kostulski**  
Engenheira Civil  
annie-engenharia@bol.com.br

**Rodrigo A. Klamt**  
Professor/Engenharia Civil, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
rodrigoklamt@outlook.com

**Jaelson Budny**  
Professor/Engenharia Civil, Universidade Federal do Pampa  
jaelsonbudny@unipampa.edu.br

**Resumo.** *O presente trabalho delimitou um trecho de rodovia no município de Alegrete/RS para que através de observações e aplicação de métodos de contagens e classificação dos veículos fosse possível realizar a análise e o dimensionamento de pavimentos de diferentes revestimentos como concreto asfáltico, blocos intertravados e concreto de cimento Portland, determinando o custo unitário de seus materiais e execução, tendo em vista a comparação e a obtenção do pavimento que geraria menor custo atendendo a um período de vida útil de dez anos para a rodovia, levando em consideração o crescimento do número de veículos de 3% conforme indicação do DNIT no Manual de estudos de tráfego. Foram utilizados sistemas SICRO II e SINAPI para a obtenção dos custos unitários e finais de cada projeto, determinados para um quilômetro, sendo possível a aplicação de tais composições em outros estudos de pavimentação que também envolvam diferentes materiais, técnicas de dimensionamentos e custos.*

**Palavras-chave:** *Pavimentos. Custos. Estudo Comparativo.*

### 1. INTRODUÇÃO

Os pavimentos são dimensionados para terem uma vida útil pré-estabelecida, mas com o tempo, a capacidade estrutural se modifica devido a fatores externos, como a falta de drenagem e o excesso de carga, acelerando assim sua deterioração (JOHNSTON, 2001).

Baseando-se em estudos que demonstram que a restauração muitas vezes se torna mais cara que a repavimentação, busca-se determinar as melhores opções estruturais que podem ser aplicadas às rodovias com vistas à relação custo-benefício, comparando diferentes propostas de soluções estruturais, facilitando o trabalho de engenheiros projetistas optarem por empreendimentos viáveis técnica e economicamente.

Com a análise do comportamento dos pavimentos e seus materiais constituintes pode-se estabelecer fatores condicionantes de projeto, os quais variam conforme sua

caracterização. Dentre os materiais mais utilizados para a pavimentação, encontram-se os blocos de concreto intertravado, o concreto asfáltico e o concreto de cimento Portland.

Neste contexto o fator determinante pela escolha de uma das técnicas é na grande maioria das vezes o custo do revestimento. Desta forma, se na área de projetos de estruturas viárias existem inúmeros métodos e técnicas a serem utilizadas com a garantia de pavimentos com vida útil de projeto satisfatória, porque não realizar um estudo comparativo entre os diferentes materiais de revestimento que podem ser empregados, analisando o custo de implantação de cada solução?.

## **2. CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA**

O pavimento rodoviário classifica-se tradicionalmente em dois tipos básicos: rígidos e flexíveis, os quais dissipam seus esforços. Os revestimentos das estruturas de pavimento em geral são submetidos a esforços de compressão e de tração devidos à flexão, ficando as demais camadas submetidas principalmente à compressão.

### **2.1 Pavimentos Flexíveis**

Os pavimentos flexíveis, em geral são associados aos pavimentos asfálticos, são compostos por camada superficial asfáltica (revestimento), apoiada sobre camadas de base, de sub-base e de reforço do subleito, constituídas por materiais granulares, solos ou misturas de solos, sem adição de agentes cimentantes. Na categoria dos revestimentos flexíveis, podemos também ter os pavimentos constituídos por blocos intertravados.

### **2.2 Pavimentos Rígidos**

Os pavimentos rígidos, em geral associados aos de concreto de cimento Portland, são compostos por uma camada

superficial de concreto de cimento Portland (em geral placas, as quais podem ser armadas ou não), apoiada geralmente sobre uma camada de material granular ou de material estabilizado com cimento (chamada sub-base), assentada sobre o subleito ou sobre um reforço do subleito quando necessário.

## **3. METODOLOGIA**

### **3.1 Planejamento de Pesquisa**

A presente pesquisa tem como objetivo analisar o custo de projetos de pavimentação, com blocos intertravados, concreto asfáltico e concreto de cimento Portland através de simulação de custos para diferentes estruturas dimensionadas para atenderem a mesma vida útil de projeto.

Para atingir o objetivo geral foi delimitado um trecho para análise no município de Alegrete e por meio de processos de observação, obteve-se os dados de entrada para os modelos de dimensionamento dos diferentes tipos de soluções analisadas.

### **3.2 Escolha do Trecho**

Foi determinado como trecho a ser analisado a Avenida Ibicuí, localizado nas proximidades da Ponte Borges de Medeiros, na cidade de Alegrete-RS, em função da alta trafegabilidade da via e da localização da mesma, tendo a mesma sete metros de largura.

O trecho escolhido para ser analisado justifica-se por se encontrar em uma via a qual liga a zona leste ao centro, sendo considerada importante via de tráfego, de coordenadas geográficas 29°47'7.45"S; 55°46'21.16"O.

Após a escolha do trecho, executou-se o procedimento de contagem de veículos, identificando os mesmos para determinação de projeto. O procedimento de contagem adotou o método de nº 4 - contagem entre 6 horas e 22 horas em 7 dias consecutivos,

conforme método que utiliza contadores manuais, atendendo a um nível de precisão C, o qual apresenta-se de boa qualidade e atende às necessidades do presente estudo especificado pelo DNIT(2006).

### 3.4 Classificação dos Veículos

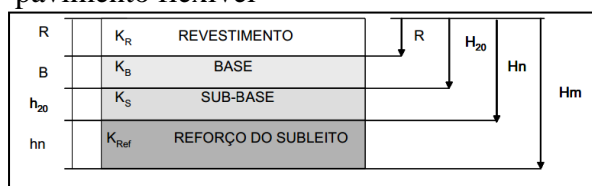
A classificação dos veículos foi realizada conforme o manual de estudos de tráfego do DNIT(2006), variando conforme as metodologias de dimensionamento das diferentes tipologias de pavimento, adotando-se o cálculo do número "N" para pavimentos de concreto asfáltico e blocos intertravados e a classificação por eixos passantes para pavimento de concreto de cimento Portland.

### 3.5 Dimensionamento

As espessuras das camadas constituintes são determinadas através da multiplicação das espessuras obtidas para o material padrão (base granular) pelos coeficientes estruturais parciais correspondentes a cada tipo de material. Cada camada possui um coeficiente de equivalência estrutural (k), que relaciona a espessura que a camada deve possuir de material padrão (base granular), com a espessura equivalente do material que realmente irá compor a camada.

A composição das camadas do pavimento será finalizada e disposta como o exemplo da Figura 1, a qual é composta de camadas de reforço de subleito, camada de sub-base, camada de base e finalmente a camada superficial de revestimento.

Figura 1 - Aspectos da composição do pavimento flexível



Fonte: Adaptado de DNIT (2006, p.149)

O dimensionamento da espessura do pavimento de concreto leva em conta o número de eixos totais e das cargas que eles transmitem ao pavimento durante o período de vida útil do projeto. As cargas consideradas são corrigidas através de fatores de segurança em função do tipo de pavimento. Os parâmetros de composição do método leva em consideração a adoção de uma espessura tentativa de concreto, da determinação da tensão equivalente, das curvas de fadiga e dos efeitos de erosão, os quais são observados através dos ábacos fornecidos pelo DNIT.

Para o dimensionamento de blocos intertravados, a espessura e resistência dos blocos de revestimento deverão seguir os valores da Tabela 1, a qual através do volume de tráfego especifica a espessura do revestimento a ser adotado e a resistência à compressão que deverá atender.

Tabela 1- Espessura e resistência dos blocos de revestimento

TRÁFEGO	ESPESSURA REVESTIMENTO	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES
$N \leq 5 \times 10^5$	6,0 cm	35 MPa
$5 \times 10^5 < N < 10^7$	8,0 cm	35 a 50 MPa
$N > 10^7$	10,0 cm	50 MPa

Fonte: DNIT (2006, p.120)

De posse da espessura total, subtrai-se o valor de espessura referente ao bloco intertravado, bem como 4cm de espessura de assentamento, valor este fixado pelo DNIT, tendo desta forma o valor referente à espessura de base que será utilizada.

### 3.6 Custos dos Diferentes Pavimentos

Para a determinação dos custos dos diferentes tipos de pavimentos, foram utilizados os dados fornecidos pelos manuais de custos rodoviários do DNIT e das composições do SICRO 2, composições para o mês de julho de 2015.

Os custos dos pavimentos foram determinados após o dimensionamento das espessuras das camadas e dos materiais que são então utilizados nos projetos de concreto asfáltico, blocos intertravados e concreto de

cimento Portland, levando em consideração as estruturas que foram dimensionadas mais o uso de maquinários e mão-de-obra empregados.

Para o possível uso de tais custos por outros autores ou órgãos públicos, optou-se pela realização do custo unitário de cada um, tendo por base o sistema SICRO II e SINAPI, podendo tais dimensionamentos terem seus custos unitários corrigidos conforme o momento de execução e utilizados em qualquer data, sem quaisquer perda de validade de tais composições.

Os materiais utilizados no projeto de concreto asfáltico e que terão seus custos unitários definidos são: bloqueio, brita graduada simples, macadame seco, imprimação, pintura de ligação e a camada de revestimento de concreto asfáltico. Já para o projeto de concreto de cimento Portland, será definido o custo da camada de brita graduada simples e o revestimento de concreto de cimento Portland, e no projeto de blocos intertravados, a camada de base de brita graduada simples, a base de assentamento de areia e o revestimento de blocos intertravados.

Inicialmente e intuitivamente observando a Tabela 3, pode-se afirmar que o menor custo apresentado para a pavimentação do trecho escolhido, é o pavimento de blocos intertravados, seguido pelo pavimento de concreto asfáltico e com o custo mais elevado do comparativo entre os três materiais, o concreto de cimento Portland.

Tabela 3 - Análise comparativa de custos final

Custo final estruturas	
Concreto Asfáltico	R\$ 862.827,72
Concreto de Cimento Portland 22cm sem reforço	R\$ 1.758.138,32
Concreto de Cimento Portland 21cm com reforço	R\$ 1.890.995,24
Concreto de Cimento Portland 22 cm com reforço	R\$ 1.970.910,62
Blocos Intertravados	R\$ 850.812,60

Fonte: Elaboração Própria

Porém, deve-se levar em consideração questões técnicas além das financeiras, como as seguintes:

- tempo de execução e liberação da pista;

- mão de obra qualificada no local de execução;
- aquisição dos materiais;
- manutenção.

Conclui-se que financeiramente o pavimento de blocos intertravados atende aos requisitos de projeto e se apresenta mais atrativo à execução quando comparado ao custo de execução de pavimentos de concreto asfáltico e de concreto de cimento Portland.

#### 4. REFERÊNCIAS

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER. **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro: DNER – Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico, Divisão de Capacitação Tecnológica, 1998. 243p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER. **Método de projeto de pavimentos flexíveis**. Rio de Janeiro: DNER – Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 1981. 34p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE – DNIT. **Manual de Estudos de Tráfego**. Rio de Janeiro: IPT, 2006.

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na presente pesquisa pode-se comparar projetos que utilizavam em suas composições diferentes revestimentos, realizando o custo por km de um trecho rodoviário na cidade de Alegrete/RS. Para tanto, foi delimitado o trecho, executada contagem e classificação dos veículos passantes por tal trecho.

A partir dos dados coletados foi elaborado os projetos, definindo suas espessuras e materiais de suas camadas, atendendo então ao tráfego que por ali transitaria em um período de vida útil de dez anos, considerando um crescimento anual de 3%.

De posse dos projetos e suas características, foi simulado o custo final apontando a pavimentação de blocos intertravados como o menor custo.