



Associação  
Brasileira de  
Cimento Portland

**VIAS DE CONCRETO:  
UMA ESCOLHA  
INTELIGENTE E  
SUSTENTÁVEL**



## **Vantagens e Benefícios da Adoção do Pavimento de Concreto em Vias Urbanas**

**ENG. RICARDO H. MOSCHETTI**

# ABCP E SEU DESENVOLVIMENTO NO PAVIMENTO DE CONCRETO



Associação  
Brasileira de  
Cimento Portland

1936 - 2019

- Consolidar e expandir o mercado de produtos e sistemas à base de cimento.
- Representar técnica e institucionalmente a indústria do cimento em:
  - ✓ Competitividade industrial
  - ✓ Normalização e qualidade
  - ✓ Meio ambiente
- Prestar serviços tecnológicos de excelência.
- Organizar a informação técnica, difundir, transferir tecnologia e capacitar.



**45 Normas**  
**35 Melhores práticas**

## SERVIÇOS PRESTADOS À COMUNIDADE TÉCNICA



**Serviços laboratoriais e Pesquisa de novos produtos e sistemas**



**Capacitação (Cursos, Treinamento, etc.)**



**Consultoria e assistência técnica**

# ABCP E SEU DESENVOLVIMENTO NO PAVIMENTO DE CONCRETO



Rodovias Tráfego Pesado



Estradas Vicinais



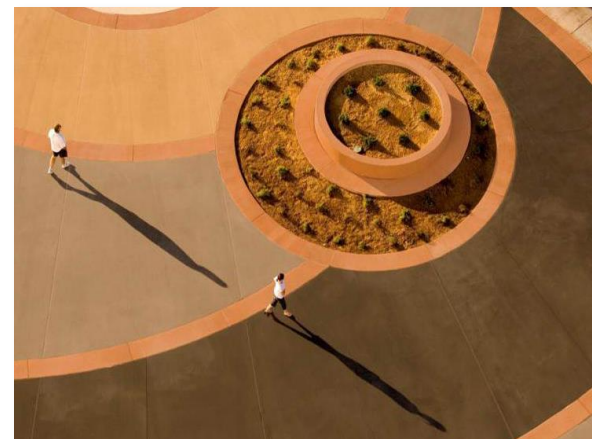
BRTs - Corredores - Avenidas



Ruas de Tráfego leve



Ciclovias



Passeios - Calçadas

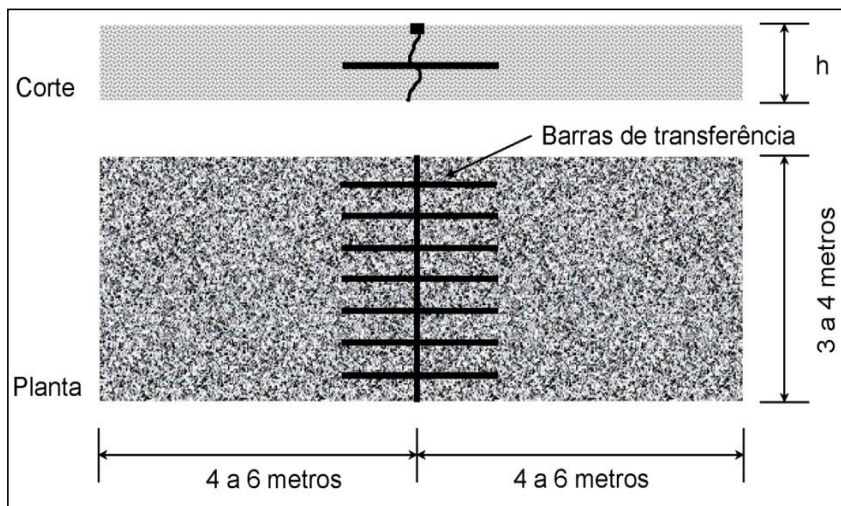
# A PAVIMENTAÇÃO DE VIAS NO CONTEXTO URBANO

- A situação econômica do país, e a dependência de transportes para o deslocamento da população, determina **grandes investimentos de governo, com as melhores taxas de retorno.**
- Transporte de grandes massas de trabalhadores, implica na necessidade de **soluções econômicas, duradoras e sustentáveis.**
- BRT's e corredores aparecem como **solução de mobilidade com menores investimentos,** numa estrutura urbana eminentemente rodoviária, e com vias sobrecarregadas.
- O pavimento de concreto atende os requisitos de **custo/benefício, durabilidade e sustentabilidade.**

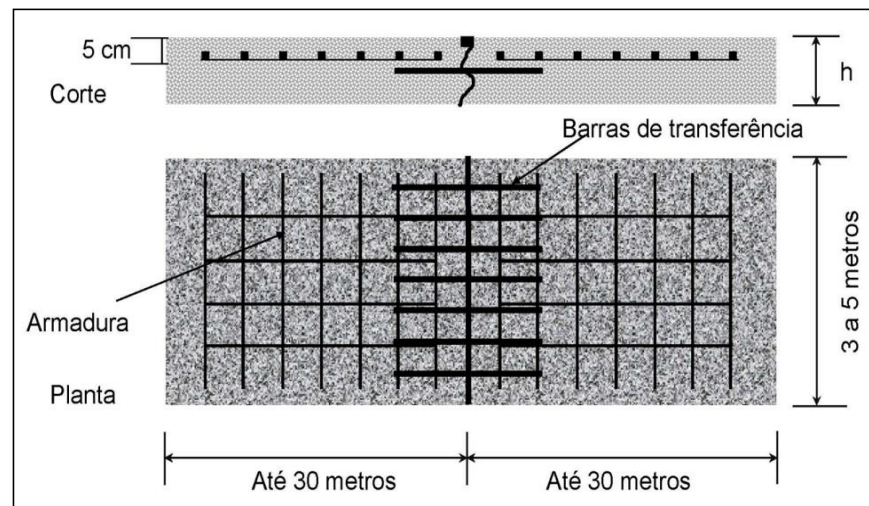
# ONDE SE APLICA O PAVIMENTO DE CONCRETO

- Rodovias de tráfego intenso, pesado e repetitivo;
- **Corredores exclusivos, BRTs, marginais e grandes avenidas, ruas, ciclovias, calçadas;**
- Aeroportos: pátios, taxiways e pistas;
- Portos: áreas portuárias e perimetrais;
- Áreas sujeitas a derramamento de combustíveis;
- Pisos industriais, comerciais e terminais em geral;
- Túneis, viadutos, pontes, alças de acessos etc.;
- Recuperação de pavimentos (**Whitetopping, Inlay e Overlay**).

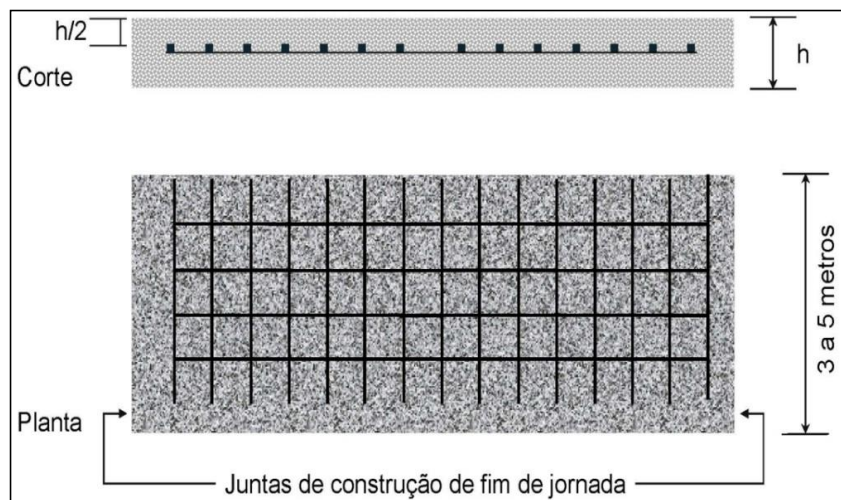
# TIPOS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS



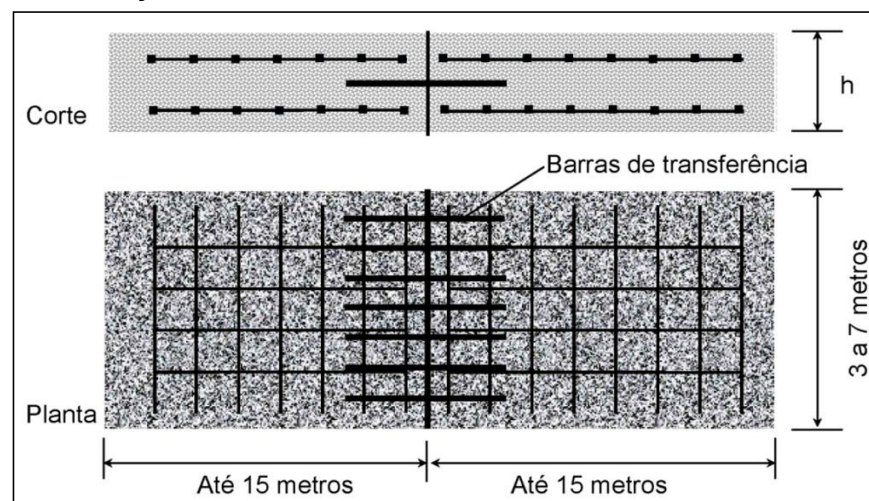
**Pavimento de concreto simples, com barras de transferência.**



**Pavimento de concreto com armadura distribuída descontínua, sem função estrutural**



**Pavimento de concreto com armadura distribuída contínua, sem função estrutural**

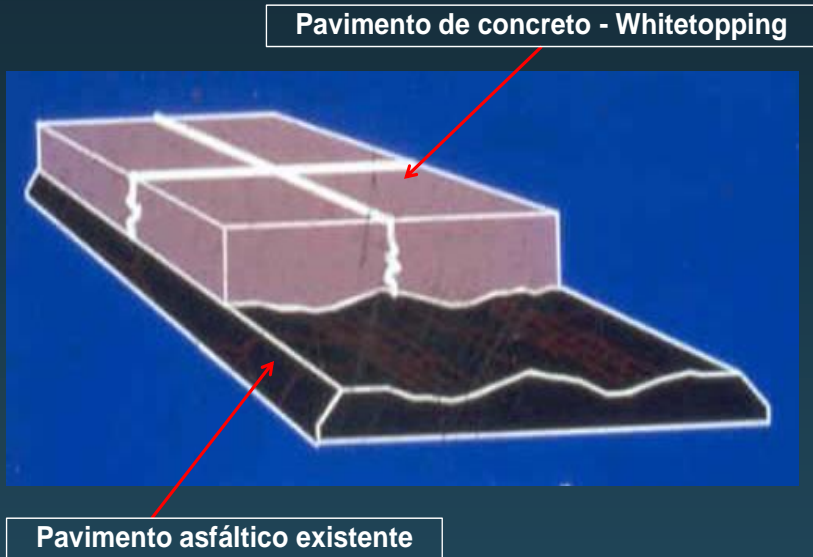


**Pavimento de concreto estruturalmente armado**

# TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EXISTENTES – WHITETOPPING E INLAY

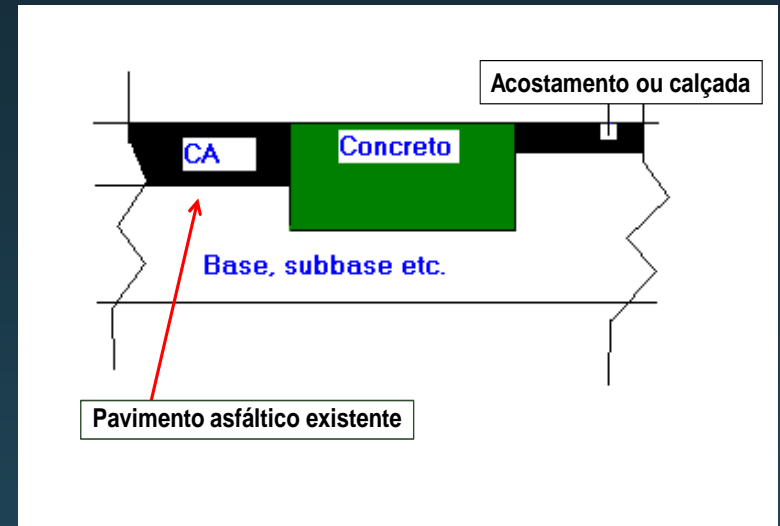
## WHITETOPPING

### WHITETOPPING ou “COBERTURA BRANCA”



## INLAY

### WT ENCAIXADO (“INLAY”)



O **Whitetopping** é o recapeamento de pavimentos asfálticos existentes com concreto de cimento portland

# QUAIS AS CARACTERÍSTICAS DOS TIPOS DE PAVIMENTOS?

## FÍSICAS E COMPORTAMENTO

RÍGIDO



FLEXÍVEL



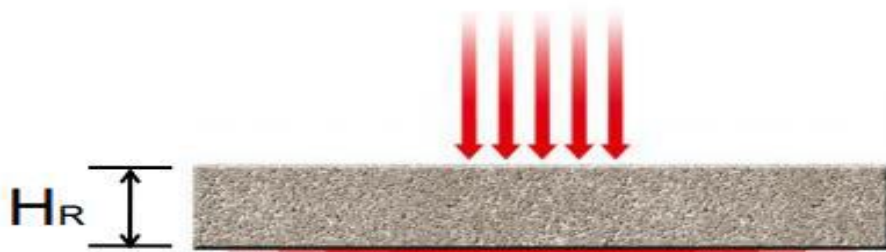
CAPACIDADE DE RESISTÊNCIA À DEFORMAÇÃO DO CONCRETO É 10 VEZES MAIOR QUE O DO ASFALTO

CONCRETO NÃO SOFRE ATAQUES POR COMBUSTÍVEIS COMO QUEROSENE, GASOLINA E DIESEL

# QUAIS AS CARACTERÍSTICAS DOS TIPOS DE PAVIMENTOS?

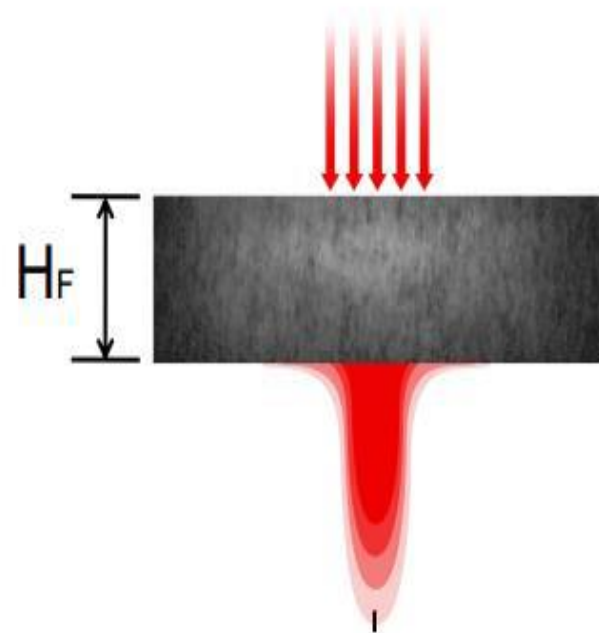
## DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS

RÍGIDO



ABSORÇÃO DAS CARGAS PELA PLACA DE CONCRETO

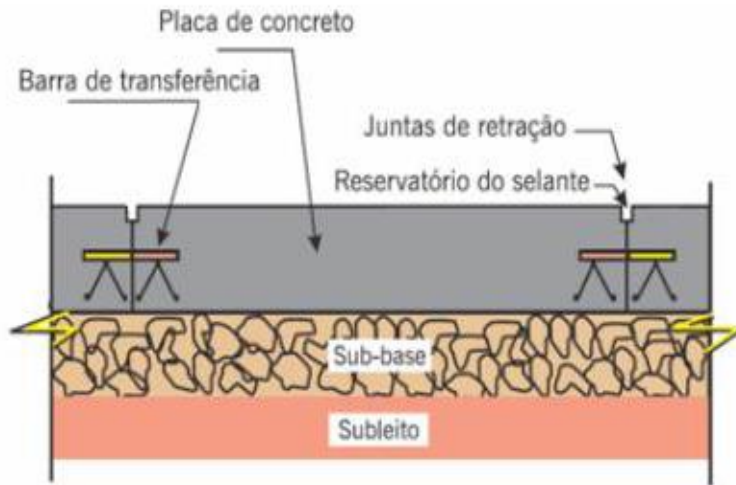
FLEXÍVEL



# QUAIS AS CARACTERÍSTICAS DOS TIPOS DE PAVIMENTOS?

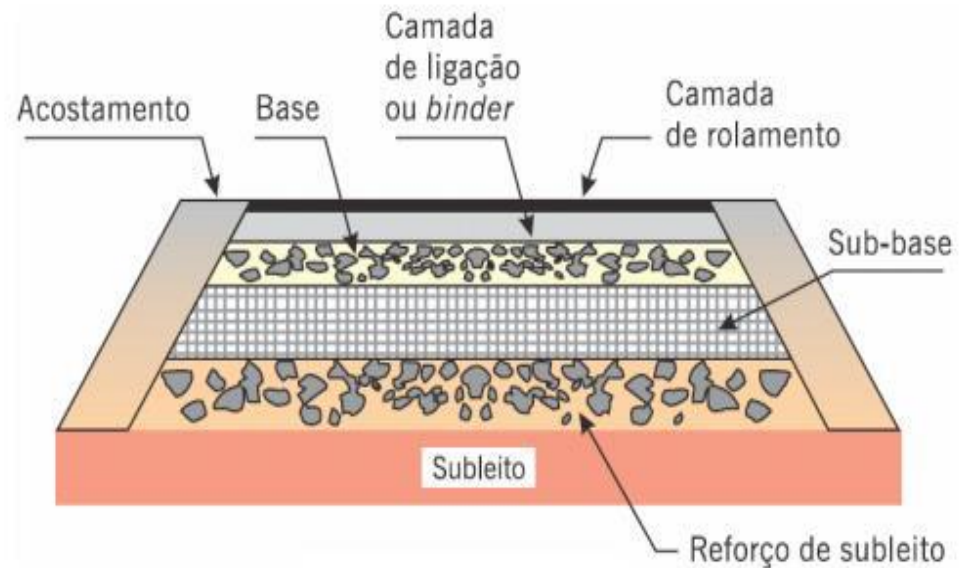
## ESTRUTURA DE CAMADAS

### RÍGIDO



MENOR ALTURA DE TODO O SISTEMA

### FLEXÍVEL



# QUAIS AS CARACTERÍSTICAS DOS TIPOS DE PAVIMENTOS?

## MELHOR VISIBILIDADE POR REFLEXÃO

### Reduced Light Pollution:

30% fewer fixtures can produce the same level of lighting on Concrete compared to Asphalt



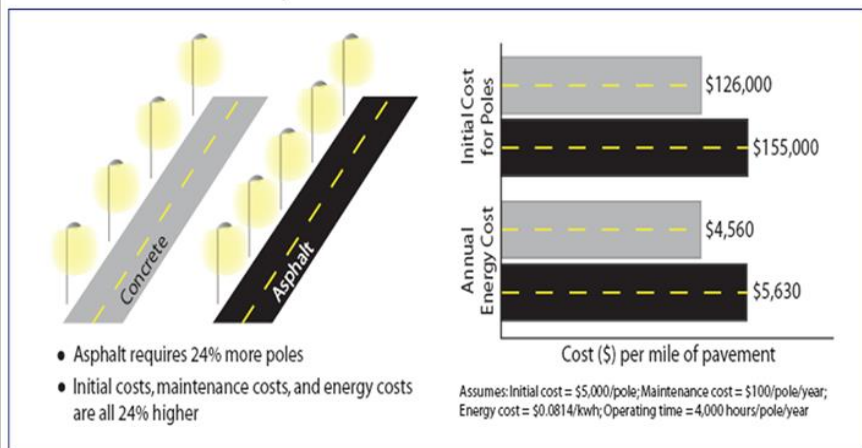
Asphalt



Concrete

Source: Road Surface's Reflectance Influences Lighting Design". RP 269.01P, R. E.

## ECONOMIA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA E ENERGIA ELÉTRICA



The need for additional light fixtures leads to higher annual energy costs for roads paved with asphalt.  
Fonte: ACPA/EUA

## CUSTO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA E CONSUMO ENERGÉTICO

## ECONOMIA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA E DE ENERGIA ELÉTRICA



Rodovia Castello Branco – São Paulo/SP - Brasil

Brazil roadway illustrating concrete (left) vs. asphalt albedo.

Fonte: Green Highways - ACPA/EUA

- ✓ Até **30%** a mais de reflexão de luz.
- ✓ Economia de **30 a 60%** de energia elétrica na iluminação pública, e na sinalização.

# QUAIS AS CARACTERÍSTICAS DOS TIPOS DE PAVIMENTOS?

## MEIO AMBIENTE

- O principal insumo do concreto é o **cimento**.
- O **cimento** contribui com o meio ambiente por meio do **co-processamento** e das **adições** na sua produção industrial.

**Co-processamento:** Destruição térmica de resíduos industriais indesejáveis, com alto poder energético (valor calorífico) em fornos de cimento, **sem prejudicar a qualidade final do produto**.

Substituto de combustível.

Ex.: **Pneus inservíveis**, óleos usados, solventes, graxas etc.

- ✓ **Co-Processamento na Indústria de Cimento: 63%**
- ✓ **Diversos: 23% —→ Asfalto: 2%**
- ✓ **Matéria-Prima para solado de sapatos e dutos: 14%**

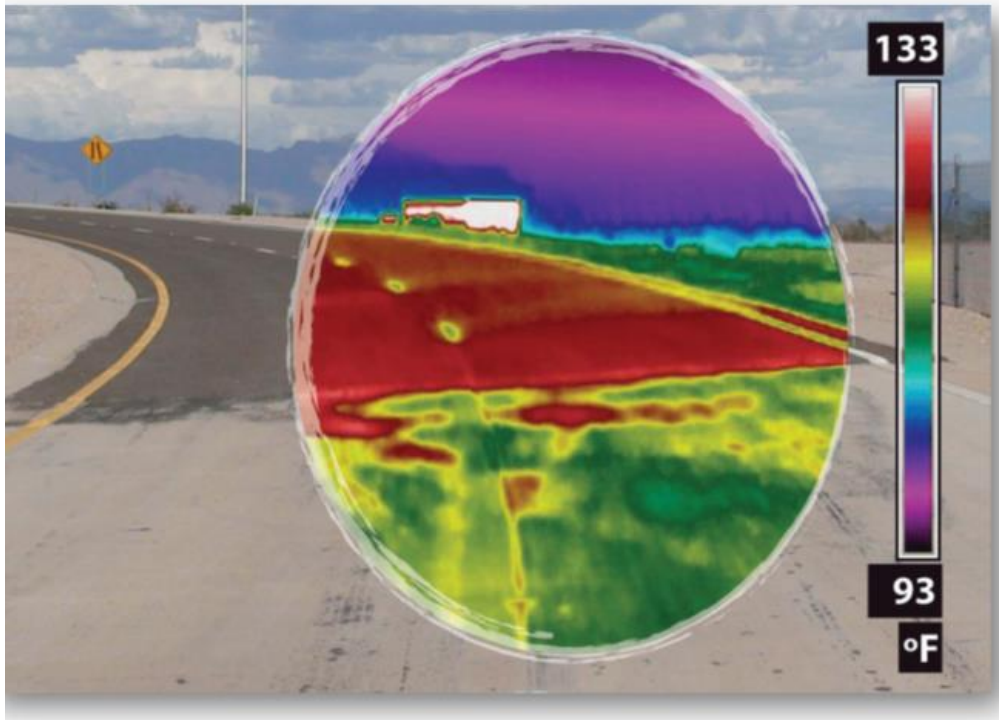
**Adições:** Aproveitamento de resíduos industriais na composição do cimento, dando-lhe características técnicas especiais: durabilidade das estruturas, resistência aos meios agressivos etc.

Ex.: Escória siderúrgica, cinza volante e pozolanas.



# QUAIS AS CARACTERÍSTICAS DOS TIPOS DE PAVIMENTOS?

## ABSORÇÃO DE CALOR PELA SUPERFÍCIE



Concreto



Ribeirão Preto

Asfalto

- ✓ Superfície clara contribui para a redução da temperatura ambiente (**cerca de 5º C**), como consequência diminui os gastos com ar condicionado, reduzindo a poluição ambiental. (*"Heat Island Group" EUA Cool Communities*)
- ✓ Redução de **até 17º C** na temperatura medida na superfície do pavimento de concreto em relação àquelas medidas na superfície de pavimentos asfálticos. (*"Concrete roads may help cities reduce the heat" EUA The Salt Lake Tribune*)

# QUAIS AS CARACTERÍSTICAS DOS TIPOS DE PAVIMENTOS?

## SEGURANÇA DO USUÁRIO

### MENOR DISTÂNCIA DE FRENAGEM

#### Distâncias comparadas

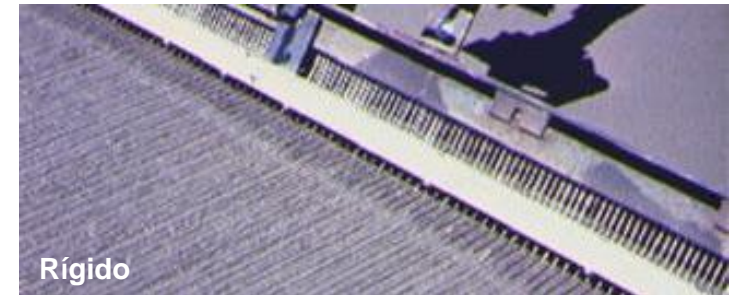
Condição de Superfície	Distância de Frenagem (m)		
	Concreto	Asfalto	A/C %
Seca e Nivelada	50	58	16 %
Úmida e Nivelada	96	109	14 %
Úmida com Trilha de Roda	96*	134	40 %

\* No caso da pista de concreto, sem trilha de roda.

Obs.: Veículo usado - Chevy a 95 km/hora.

(Ruhl, R.L., *Safety Considerations of Rutted and Washboarded Asphalt Road*)

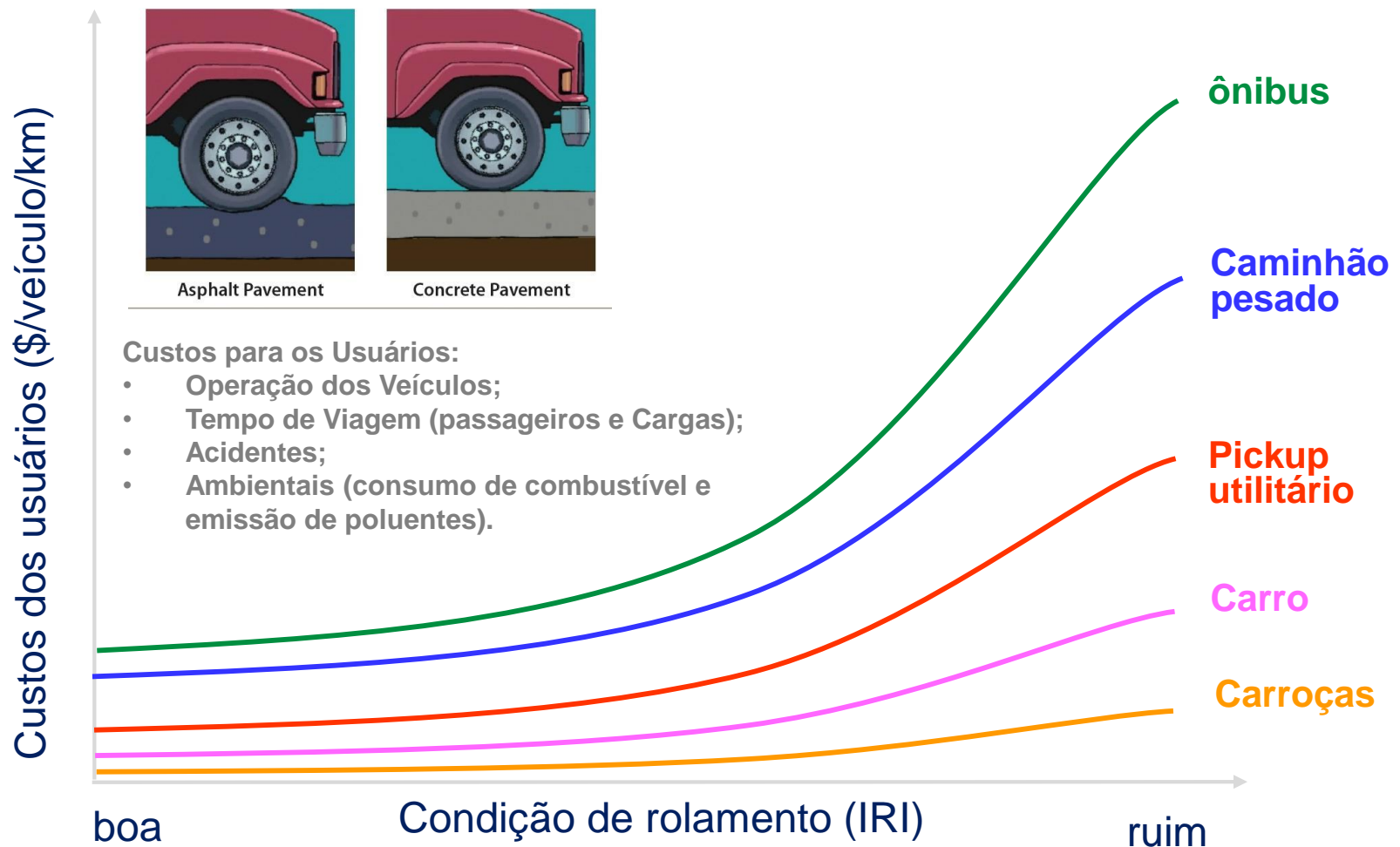
### COMPORTAMENTO NA FRENAGEM



Carga dos veículos + altas temperaturas + calibragem dos pneus + aceleração e frenagem em paradas e rampas fortes + PONTO DE AMOLECIMENTO DO C.A.P.

Formação dos defeitos TRILHA DE RODA – lâmina d'água – aquaplanagem – perda de material – buracos

# IMPACTO DAS CONDIÇÕES DAS VIAS NOS VEÍCULOS (COV)



# CARACTERÍSTICAS DO PAVIMENTO DE CONCRETO

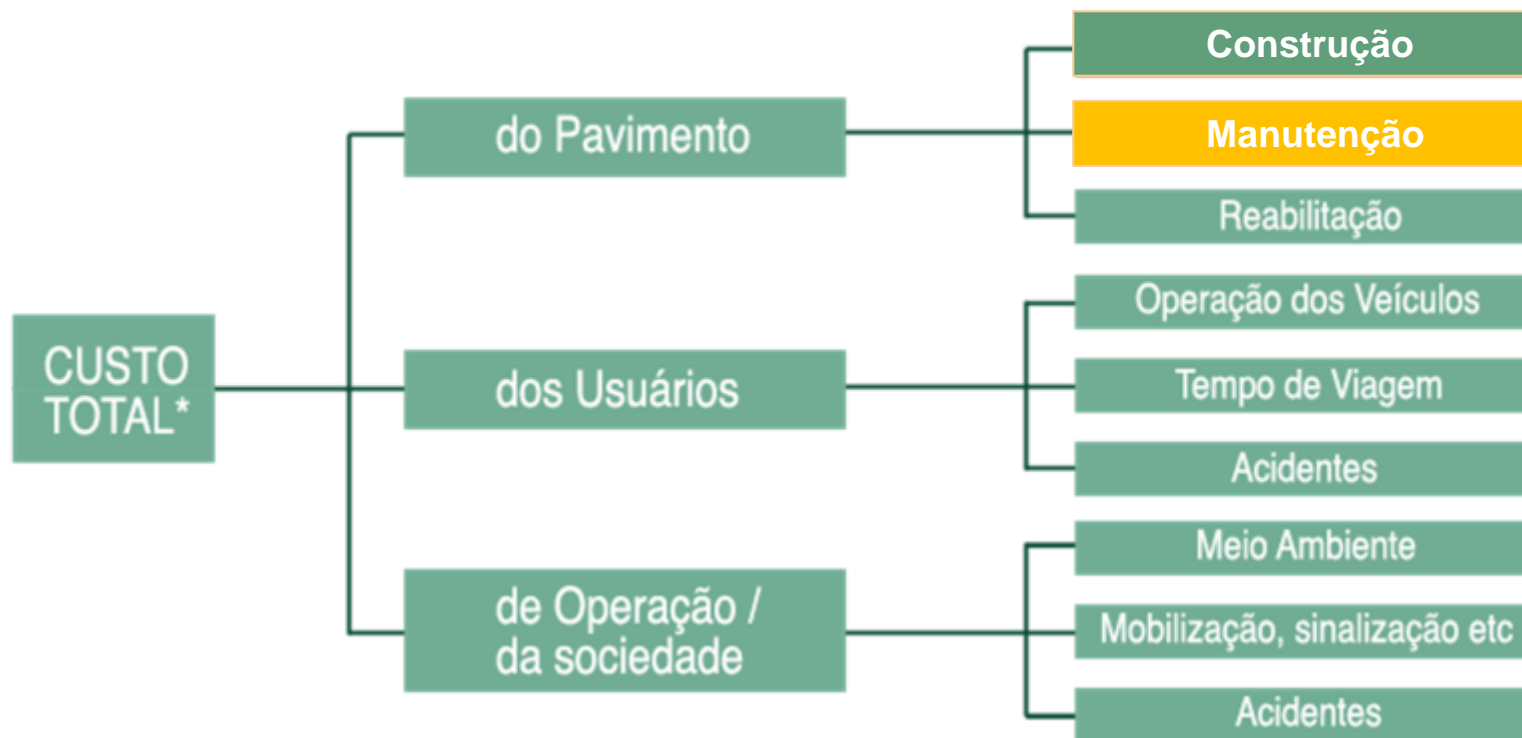
- Menor distância de freagem.
- Economia de combustíveis.
- Menor absorção de calor.
- Bom conforto de rolamento.
- Não sofre deformação plástica, buracos e trilhas de rodas.
- Não promove aquaplanagem.
- Melhor visibilidade por reflexão (com economia de energia elétrica).
- Confiabilidade do sistema pelo usuário (Acessibilidade, Conforto e Segurança).
- Custo de construção competitivo e fácil execução.
- Menor custo operacional dos veículos (Suspensão, Freios e Pneumáticos).
- Melhor adaptação ambiental.

# PRINCIPAL CARACTERÍSTICA

## GRANDE DURABILIDADE COM BAIXA MANUTENÇÃO

- O pavimento rígido tem **vida útil** projetada significativamente maior que o flexível (20 a 40 anos), implicando **menor geração de rejeitos** produzidos nas operações de manutenção, que por sua vez, são inteiramente recicláveis.
- As constantes operações necessárias de **manutenção** nos pavimentos flexíveis causam congestionamentos e acidentes, com transtornos aos usuários e **prejuízos econômicos** e ambientais (consumo de novos materiais).

# CUSTOS DE UMA PAVIMENTAÇÃO



\* Conceito do Banco mundial

# CUSTO COMPARATIVO DE IMPLANTAÇÃO RÍGIDO X FLEXÍVEL

## ELEMENTOS BÁSICOS PADRONIZADOS PARA AS DUAS ALTERNATIVAS

**SUBLEITO** Para o material de fundação dos pavimentos, foi considerado solo com índice de suporte Califórnia (*CBR*) igual a 5%, compactado na energia do Proctor Normal e expansão inferior a 2%.

### CARACTERÍSTICAS DA VIA

Largura – 7,0m com tráfego bidirecional variável

### EQUIVALENTE VDMc - Volume Diário Médio Bidirecional de Veículos Comerciais

VDMc	N
500	$5,0 \times 10^6$
750	$1,0 \times 10^7$
2.000	2, <sup>7</sup>
3.500	$5,0 \times 10^7$
5.000	$7,0 \times 10^7$
10.000	1, <sup>8</sup>



# CUSTO COMPARATIVO DE IMPLANTAÇÃO RÍGIDO X FLEXÍVEL

## PAVIMENTO RÍGIDO

Calculado pelo  
método PCA/84  
(20 anos)

## PAVIMENTO FLEXÍVEL

Calculado por método  
mecanicista (10 anos)  
Estudo de Pavimentos  
Alternativos – Catálogo  
DNIT

## ORÇAMENTO

Tabela de preços do  
DER/SP mar/2013

## CARACTERÍSTICAS ELÁSTICAS DOS MATERIAIS

As características elásticas dos materiais são parâmetros considerados na realização da análise mecanicista das estruturas, cujo objetivo é simular o comportamento da estrutura de pavimento quanto às tensões e deformações geradas pela solicitação do eixo padrão de 8,2 tf, comparando os esforços atuantes aos valores admissíveis para cada material.

Programa computacional ELSYM-5 (Elastic Layered System),

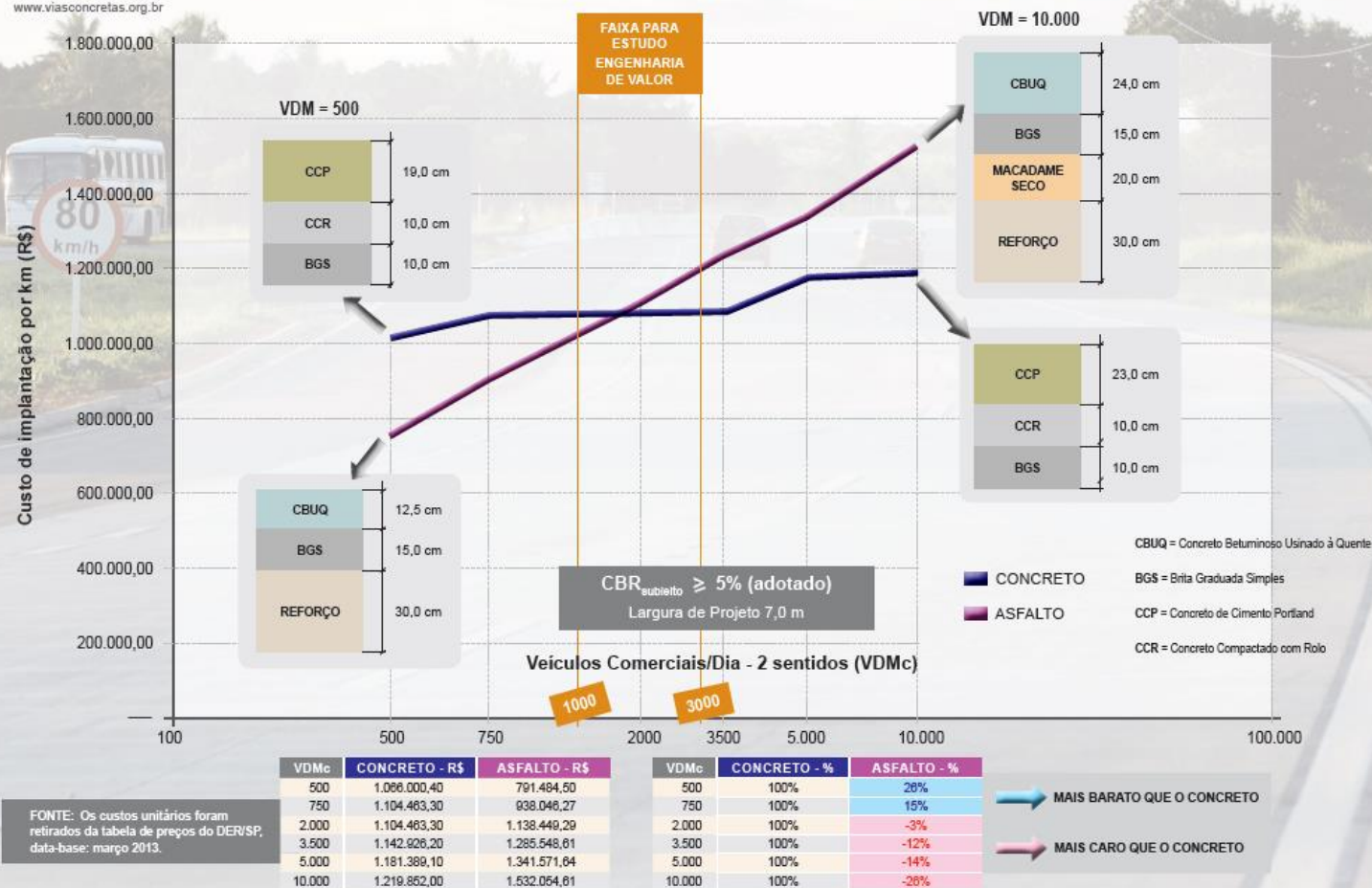
Camada/Material	Módulo de Elasticidade (kgf/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente de Poisson
Subleito	450	0,45
Reforço do Subleito – Solo Selecionado	1.000	0,45
Brita Graduada Simples	2.500	0,40
Macadame Seco	1.500	0,40
Brita Graduada Tratada com Cimento	70.000	0,25
Concreto Betuminoso Usinado a Quente	30.000	0,35

**CURIOSIDADE: Concreto - Módulo de Elasticidade (kgf/cm<sup>2</sup>) – 250.000  
Coeficiente de Poisson – 0,15**

# CUSTO COMPARATIVO DE IMPLANTAÇÃO -

ABCP  
PLANSERVI

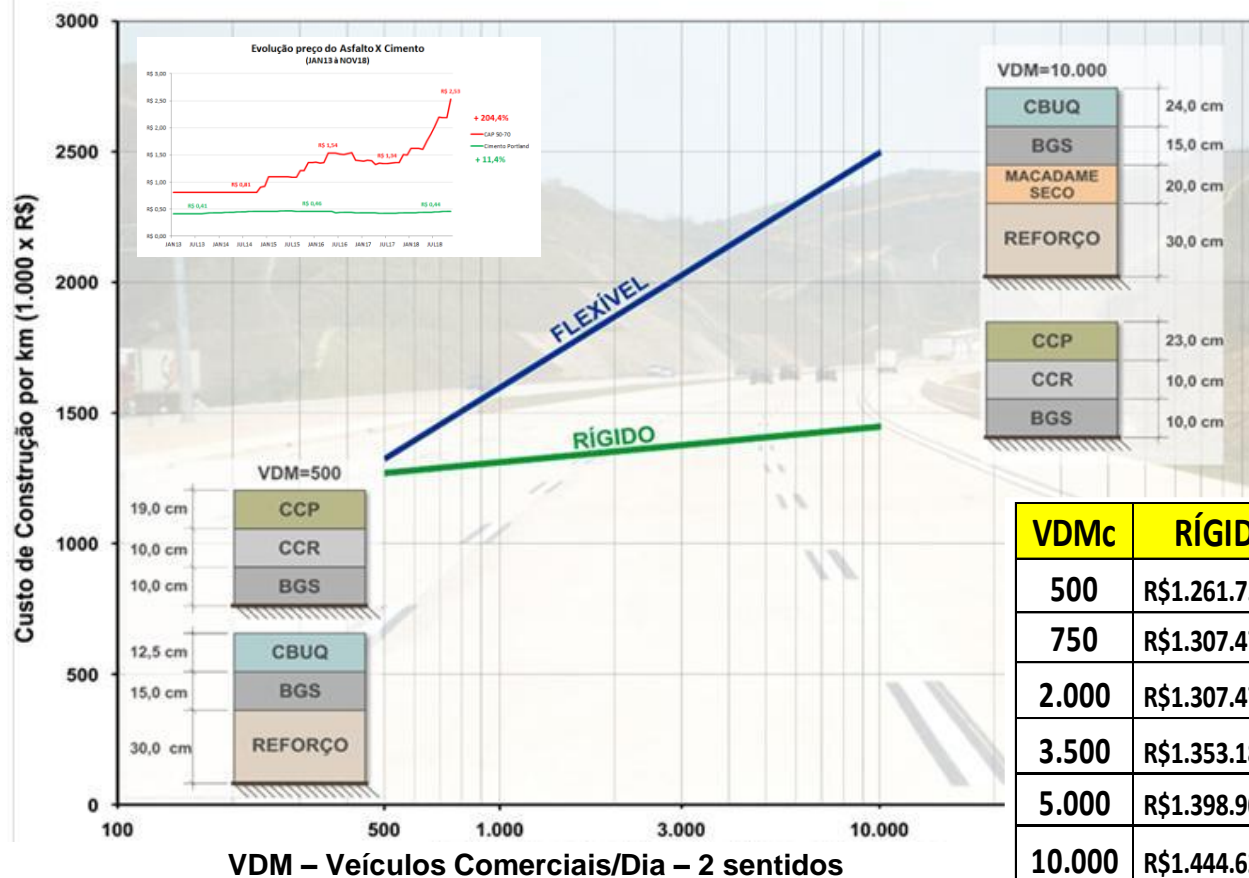
## Pavimentação - CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO



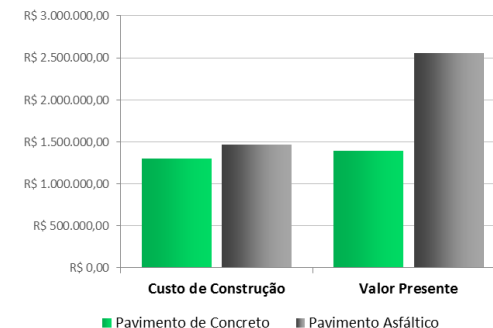
# CUSTO COMPARATIVO DE IMPLANTAÇÃO -

ABCP  
PLANSERVI

Gráfico Comparativo de Custos de Construção de Pavimentos - Rígido x Flexível  
(TPU DER/SP - Junho/2018)



Custos de Implantação e Manutenção



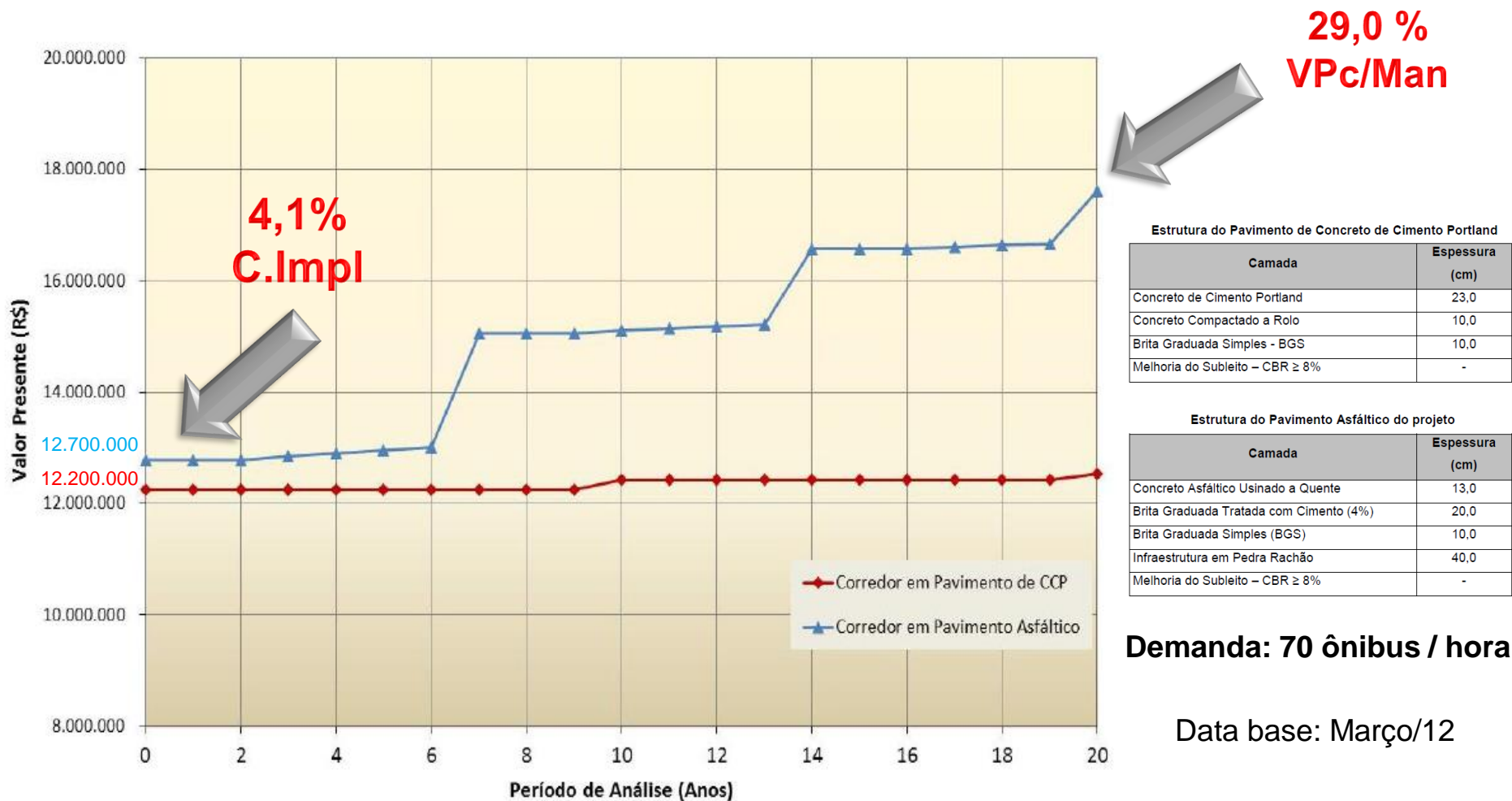
EX. VDM – 750 – 2 sentidos

VDMc	RÍGIDO	FLEXÍVEL	Relação Concreto/Asfalto
500	R\$1.261.755,00	R\$1.321.542,39	4,5% mais barato
750	R\$1.307.471,30	R\$1.399.555,87	6,6% mais barato
2.000	R\$1.307.471,30	R\$1.768.553,67	26,1% mais barato
3.500	R\$1.353.187,60	R\$2.039.424,34	33,6% mais barato
5.000	R\$1.398.903,90	R\$2.142.839,07	34,7% mais barato
10.000	R\$1.444.620,20	R\$2.494.349,40	42,1% mais barato

Estudo comparativo de **Custos de Construção** de alternativas de pavimentação (Rígido x Flexível), por quilômetro, para plataforma de 7 m de largura (TPU – DER/SP – Junho de 2018).

# ESTUDO DE VIABILIDADE EM CORREDOR DA EMTU - SP

## Custos de Implantação e Manutenção dos Pavimentos Rígido e Flexível



# EXECUÇÃO DE PAVIMENTO DE CONCRETO EM VIAS URBANAS

## 1. Equipamentos de pequeno porte

- ✓ Réguas /Trelças vibratórias
- ✓ Produção média: 100m/dia



## 2. Equipamentos de formas-trilho

- ✓ Pavimentadoras de rolo vibratório
- ✓ Produção média: 150m/dia



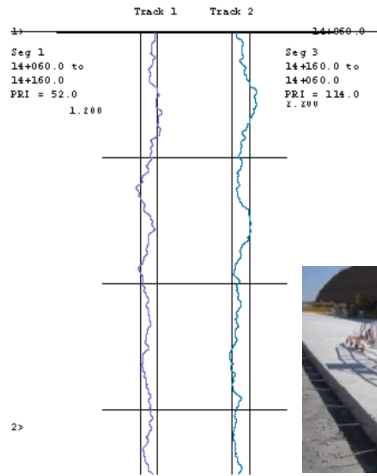
## 3. Equipamentos de formas deslizantes

- ✓ Pavimentadoras com formas deslizantes (*slipform*)
- ✓ Produção média: 300m - 700m/dia
- ✓ Requerem usinas dosadoras/misturadoras



# AUMENTO DO CICLO DE VIDA OU QUANDO NÃO ATINGIR (I.P)

## DIAMOND GRINDING - CEPILHAMENTO



Perfilgráfo



Índice de perfil (IP) máximo de 240 mm/km



# PAVIMENTO DE CONCRETO NO MEIO URBANO

## Exemplos em implantação

# BRT e Corredores de Ônibus (Continente Americano)



**Metrobus**  
Buenos Aires - Argentina



**PumaKatari**  
La Paz - Bolívia



**BRT Toronto**  
Mississauga - Canadá



**TransMilenio**  
Bogotá - Colômbia



**Buses del Gran Concepción**  
San Pedro de la Paz - Chile



**Sistema Metrobús-Q**  
Quito - Equador

# BRT e Corredores de Ônibus (Continente Americano)



**SITRAMSS**  
San Salvador - El Salvador



**South Miami-Dade Busway**  
Miami - Estados Unidos



**Transmetro**  
Cidade da Guatemala - Guatemala



**Metrobús**  
Tegucigalpa - Honduras



**Metrobús**  
Cidade do México - México



**Metrobús**  
Cidade do Panamá - Panamá

# BRT e Corredores de Ônibus (Continente Americano)



**Metrobus Pya'e Porã**  
Assunção - Paraguai



**El Metropolitano**  
Lima - Peru



**El Metro Urbano**  
San Juan - Porto Rico



**Metrobús**  
Montevideu - Uruguai



**BusCaracas**  
Caracas - Venezuela

# PAVIMENTO URBANO TRÁFEGO LEVE (Continente Americano)



Sopachuy - Bolívia



Santiago - Chile



Cartagena - Colômbia



San Rafael las Flores - Guatemala



San Pedro Sula - Honduras

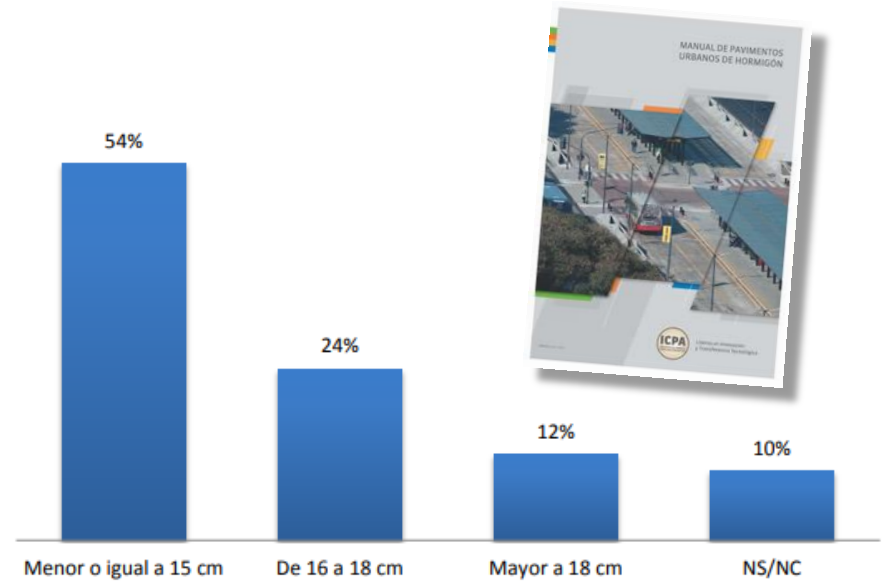
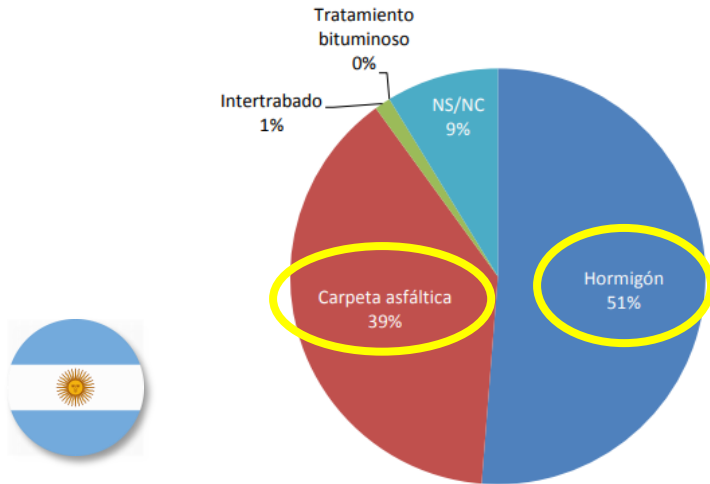


Huancayo - Peru

# PAVIMENTO URBANO TRÁFEGO LEVE (Continente Americano)

¿Qué tipo de pavimento suele utilizar en calles?

Según puede observarse en la siguiente figura, al igual que ocurría en el caso de las avenidas, el pavimento de hormigón se ubica como la solución más utilizada en las calles de los distintos municipios consultados.



MAIS DE 70 ANOS



# HISTÓRICO DOS CORREDORES DE CONCRETO NO BRASIL



**Corredor São Mateus à Jabaquara SP –  
EMTU Primeiro trecho, 1988**

- Os corredores exclusivos nasceram em **São Paulo** e **Curitiba** pela necessidade de priorizar o transporte coletivo.
- Os pontos passaram a ser no canteiro central e a acessibilidade garantida. O objetivo foi melhorar o tráfego de veículos, diminuir o tempo de deslocamento dos passageiros em suas viagens e facilitar a circulação de pedestres nas calçadas.

EMTU EMPRESA METROPOLITANA DE TRANSPORTES URBANOS DE SÃO PAULO S.A.

## O TRANSPORTE URBANO E O PAVIMENTO DE CONCRETO

### 1. HISTORICO

No início da década de 80, a (CMSP) Companhia Metropolitana de São Paulo, foi encarregada de planejar e operacionalizar um corredor exclusivo de trólebus para a Região Metropolitana de São Paulo, localizado na região do ABCD, a fim de tornar organizado o transporte público de passageiros da região.

Após inúmeros estudos minuciosos, optou-se por um corredor exclusivo de pavimento concreto "rígido" que passaria pelos municípios de São Paulo, São Bernardo do Campo, Diadema, Santo André e Mauá, totalizando assim aproximadamente 33 km.

O pavimento de concreto rígido foi escolhido, por possuir um melhor desempenho ao longo dos anos, tanto quanto no aspecto de conservação dos veículos e nas manutenções preventivas/corretivas, causadas pela alta frequência de veículos operacionais e grande solicitação na via; oriundas da alta densidade populacional da região.

### 3. VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO CONCRETO

A utilização de concreto simples, para corredores de ônibus urbanos, com grande solicitação de tráfego, apresentam vantagens marcantes, a saber:

- Não deformam quando da aceleração, frenagem e estudos de cargas dos veículos.
- Não sofre ataque de substâncias derivadas de petróleo.
- Maior durabilidade, quando comparado ao pavimento asfáltico.
- Menor interferência de manutenções preventivas/corretivas.
- Menor custo operacional dos veículos, quanto ao sistema de suspensão, freios e pneumáticos.
- Melhor reflexão da luz na superfície do concreto (economia 30% nos gastos de iluminação pública)

### 4. CONCLUSÃO

A experiência da EMTU/SP, nos últimos anos demonstrou que a escolha do pavimento de concreto, foi apropriada, uma vez que os índices operacionais e de confiabilidade do sistema cumpriram adequadamente as funções para as quais foram projetadas.

Como exemplo, temos um trecho de aproximadamente 2 kms no nosso corredor, o qual é constituído de pavimento asfáltico, (no município de Santo André) que a cada ano, necessita ser reconstituído, em função do desgaste prematuro causado pela densidade de tráfego.

Cabe salientar ainda, que o custo "social" que traz o pavimento de concreto aos usuários do transporte urbano é um ponto primordial para a opção de tal pavimentação

# BRT e Corredores de Ônibus (Brasil)



**BRT Via Livre**  
Recife - PE



**Linha Verde - BRT Curitiba**  
Curitiba - PR



**MOVE**  
Belo Horizonte - MG



**BRT Brasilia**  
Brasilia - DF



**BRT TransCarioca**  
Rio de Janeiro - RJ



**Faixas exclusivas**  
Porto Alegre - RS

# BRT e Corredores de Ônibus (Estado de São Paulo)



**Corredor Berrini**  
São Paulo - SP



**Corredor Av. 9 de Julho**  
São Paulo - SP



**BRT Expresso Tiradentes**  
São Paulo - SP



**Corredor Metropolitano**  
Guarulhos - SP



**Faixas Exclusivas**  
São Bernardo - SP



**BRT Campinas**  
Campinas - SP

# PAVIMENTO URBANO TRÁFEGO MÉDIO E LEVE (São Paulo)



**Rua Sumidouro**  
São Paulo - SP



**Largo da Batata**  
São Paulo - SP



**Praça Ramos de Azevedo**  
São Paulo - SP



**Rua Seminário**  
São Paulo - SP



**Praça Pedro Lessa**  
São Paulo - SP



**Largo do Paissandú**  
São Paulo - SP

# Pavimento de Concreto

*Feito para durar*



email: [ricardo.moschetti@abcp.org.br](mailto:ricardo.moschetti@abcp.org.br)  
[fernao.dias@abcp.org.br](mailto:fernao.dias@abcp.org.br)

CONCRETO PIGMENTADO