



Profa. Dra. Liedi L. Bariani Bernucci

Profa Dra. Kamilla Vasconcelos Savasini

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

PTR 3322

Pavimentação Rodoviária

Departamento de Engenharia de Transportes



PTR 3322 – Pavimentação Rodoviária

5º Semestre de Engenharia Civil – Ano Letivo de 2022

Sexta-feira: das 7h30 às 9h10 (Turma 1); Sexta-feira: das 9h20 às 11h (Turma 2)

Docentes Responsáveis: Profa. Liedi L. B. Bernucci - Prof. José T. Balbo - Profa. Kamilla Vasconcelos



PROGRAMA PRELIMINAR

Aula	Data	Assunto	Docente	Bibliog.
1	25/03	Introdução, Terminologia e Estruturas tipos de pavimentos, camadas que compõem as estruturas, conceitos básicos, cargas atuantes	Liedi/Kamilla	1, 3
2	01/04	Estudos de Tráfego: equivalência entre cargas e número N. Cálculo do número N para projetos de pavimentos asfálticos	Liedi/Kamilla	1, 3
3	08/04	Classificação de Solos e Agregados para fins Rodoviários. TESTE 1	Liedi/Kamilla	1, 3
4	29/04	Compactação de Solos e Materiais de Pavimentação em Geral. Propriedades dos Materiais: Resistência (CBR e expansão). Deformabilidade (Módulo de Resiliência)	Liedi/Kamilla	1, 3
5	06/05	Ligantes Asfálticos, Agregados, Misturas Asfálticas. TESTE 2	Liedi/Kamilla	1, 3
6	13/05	Propriedades Mecânicas e Tipos de Misturas Asfálticas / Reciclagem de pavimentos asfálticos	Liedi/Kamilla	1, 2, 3
7	20/05	Processos Construtivos e Controle Tecnológico – Tipos de Estruturas de Pavimentos -	Liedi	1, 2, 3
8	27/05 13h10- 15h10	SEMANA PROVA - TESTE 3	Liedi/Kamilla	1
9	03/06	Dimensionamento de Pavimentos Asfálticos: (i) critério de resistência (CBR) (ii) Análise Mecanicista de Camadas Elásticas e Dimensionamento de Pavimentos Asfálticos por Método Mecanicista	Liedi/Kamilla	3, 6
10	10/06	Introdução aos Pavimentos de Concreto – Tipos e Aplicações. Construção dos Pavimentos de Concreto Simples. TESTE 4	Balbo	4
11	24/06	Características do Concreto de Cimento para Pavimentos – consistência, resistência, rigidez, fadiga, retração	Balbo	4
12	01/07	Projeto Estrutural de Pavimentos de Concreto Simples ABNT PR 1011 (Teoria e Exercícios). Detalhamento do Projeto para Rodovias e Vias Urbanas. TESTE 5	Balbo	7
13	08/07	Pavimentos de Concreto Permeáveis para Vias Urbanas, Parques, Calçadas e Ciclovias. TESTE 6	Balbo	5
14	15/07 (13h10- 15h10)	SEMANA PROVA - PROVA (TODA A MATÉRIA)	Liedi/Balbo/ Kamilla	
15	22/07 (13h10- 15h10)	SEMANA PROVA SUBSTITUTIVA (TODA A MATÉRIA)	Liedi/Balbo/ Kamilla	

Bibliografia básica para os estudos

(Todo o material é de consulta obrigatória e autossuficiente para os estudos, complementando as aulas expositivas. Note que para cada aula expositiva está vinculada a bibliografia necessária para estudos).

OS DOCENTES AVALIARÃO A DISPONIBILIZAÇÃO DE MATERIAL TIPO PDF COM AS APRESENTAÇÕES VISUAIS DAS AULAS, DEPENDENDO DO CONTEÚDO E DOS DIREITOS AUTORAIS DE CADA UM!

1. Bernucci, L. L. B.; Motta, L. M. G. da; Ceratti, J. A. P.; Soares, J. B. (2007) Pavimentação asfáltica – formação básica para engenheiros. PETROBRAS/ABEDA, Rio de Janeiro, RJ. Ver site para download gratuito: <http://www.abeda.org.br/livros/>
Para acessar os livros deve fazer um breve cadastro.
2. Ceratti, J. A. P, Bernucci, L. L. B., Soares, J. B. (2015) Utilização de ligantes asfálticos em serviços de pavimentação. ABEDA. Rio de Janeiro, RJ. Ver site para download gratuito: <http://www.abeda.org.br/livros/>
Para acessar os livros deve fazer um breve cadastro.
3. Balbo, J.T. (2007) Pavimentação asfáltica. Materiais, projeto e restauração. Oficina de Textos, São Paulo, SP.
4. Balbo, J.T. (2009) Pavimentos de concreto. Oficina de Textos, São Paulo, SP.
5. Balbo, J.T. (2020) Pavimentos de concreto permeáveis. Uma visão ambiental da tecnologia sustentável emergente. Oficina de Textos, São Paulo.
6. Programa DIMPAV versão 1.1 – junho/2005 – Programa para Dimensionamento de Pavimentos segundo as normas da SIURB-PMSP. (disponível, LMP, www.ptr.poli.usp.br/lmp/downloads)
7. Associação Brasileira de Normas Técnicas (2021). ABNT PR 1011 – Prática Recomendada. Rio de Janeiro.

Os testes serão aplicados conforme as datas indicadas na programação e irão compor a média final da disciplina. Serão consideradas as **cinco (5)** melhores notas dos **seis (6)** testes realizados durante o **horário de aula**. Os testes tem duração de aproximadamente 15 minutos (exceção do Teste 3, a ser realizado na semana de P1, que poderá ser mais longo).

Critério de aproveitamento

$$A = 0,7 \times \text{Prova} + 0,3 \times \text{Testes}, \quad \text{sendo } A \geq 5,0 \text{ para aprovação}$$

Prova substitutiva

Somente para quem faltou a prova final, haverá possibilidade de realização da prova substitutiva (sub fechada).



Mobilidade:

Movimento de pessoas e bens. É uma necessidade fundamental dos humanos e a chave para viabilizar a prosperidade econômica e social

APUD: World Economic Forum, 2017-2018





Importância da Infraestrutura de Transportes na Riqueza do País e na Competitividade



Dezembro de 2020



Importância da Infraestrutura de Transportes na Riqueza do País e na Competitividade

A edição especial de 2020 é dedicada a elaborar as prioridades de recuperação e revitalização e considerar os alicerces de uma transformação em direção a novos sistemas econômicos que **combinem metas de “produtividade”, “pessoas” e “planeta”**



Dezembro de 2020



12 Pilares para a Competitividade

Figure 1.1: The Global Competitiveness Index 4.0 framework

Enabling Environment



Pillar 1
Institutions



Pillar 2
Infrastructure



Pillar 3
ICT adoption



Pillar 4
Macroeconomic stability

Human Capital



Pillar 5
Health



Pillar 6
Skills

Markets



Pillar 7
Product market



Pillar 8
Labour market



Pillar 9
Financial system



Pillar 10
Market size

Innovation Ecosystem



Pillar 11
Business dynamism



Pillar 12
Innovation capability



The Global Competitiveness Index 4.0 2019 Rankings

Covering 141 economies, the Global Competitiveness Index 4.0 measures national competitiveness—defined as the set of institutions, policies and factors that determine the level of productivity.

Rank	Economy	Score ¹	Diff. from 2018 ²	
			Rank	Score
1	Singapore	84.8	+1	+1.3
2	United States	83.7	-1	-2.0
3	Hong Kong SAR	83.1	+4	+0.9
4	Netherlands	82.4	+2	—
5	Switzerland	82.3	-1	-0.3
6	Japan	82.3	-1	-0.2
7	Germany	81.8	-4	-1.0
8	Sweden	81.2	+1	-0.4
9	United Kingdom	81.2	-1	-0.8
10	Denmark	81.2	—	+0.6

60	South Africa	62.4	+7	+1.7
61	Turkey	62.1	—	+0.5
62	Costa Rica	62.0	-7	-0.1
63	Croatia	61.9	+5	+1.8
64	Philippines	61.9	-8	-0.3
65	Peru	61.7	-2	+0.4
66	Panama	61.6	-2	+0.6
67	Viet Nam	61.5	+10	+3.5
68	India	61.4	-10	-0.7
69	Armenia	61.3	+1	+1.4
70	Jordan	60.9	+3	+1.6
71	Brazil	60.9	+1	+1.4
72	Serbia	60.9	-7	—
73	Montenegro	60.8	-2	+1.2



Infraestrutura geral:


78°/141

Índice de conectividade rodoviária:

69°/141

Qualidade das Rodovias:

116°/141

 2nd pillar: Infrastructure 0–100	-	65.5 ↑	78	Singapore
Transport infrastructure 0–100	-	45.6 ↑	85	Singapore
2.01 Road connectivity 0–100 (best)	76.1	76.1 ↑	69	Multiple (3)
2.02 Quality of road infrastructure 1–7 (best)				
2.03 Railroad density km/1,000 km ²	3.6	8.9 ↑	78	Multiple (24)
2.04 Efficiency of train services 1–7 (best)	2.5	24.3 ↓	86	Japan
2.05 Airport connectivity score	437,475.0	89.7 =	17	Multiple (8)
2.06 Efficiency of air transport services 1–7 (best)	4.4	56.8 ↓	85	Singapore
2.07 Liner shipping connectivity 0–100 (best)	38.2	38.2 ↑	48	Multiple (5)
2.08 Efficiency of seaport services 1–7 (best)	3.2	37.1 ↑	104	Singapore



Infraestrutura geral:


78°/141

Índice de conectividade rodoviária:

69°/141

Qualidade das Rodovias:

116°/141

 2nd pillar: Infrastructure 0–100	-	65.5 ↑	78	Singapore
Transport infrastructure 0–100	-	45.6 ↑	85	Singapore
2.01 Road connectivity 0–100 (best)	76.1	76.1 ↑	69	Multiple (3)
2.02 Quality of road infrastructure 1–7 (best)	3.0	33.5 ↓	116	Singapore
2.03 Railroad density km/1,000 km ²	3.6	8.9 ↑	78	Multiple (24)
2.04 Efficiency of train services 1–7 (best)	2.5	24.3 ↓	86	Japan
2.05 Airport connectivity score	437,475.0	89.7 =	17	Multiple (8)
2.06 Efficiency of air transport services 1–7 (best)	4.4	56.8 ↓	85	Singapore
2.07 Liner shipping connectivity 0–100 (best)	38.2	38.2 ↑	48	Multiple (5)
2.08 Efficiency of seaport services 1–7 (best)	3.2	37.1 ↑	104	Singapore

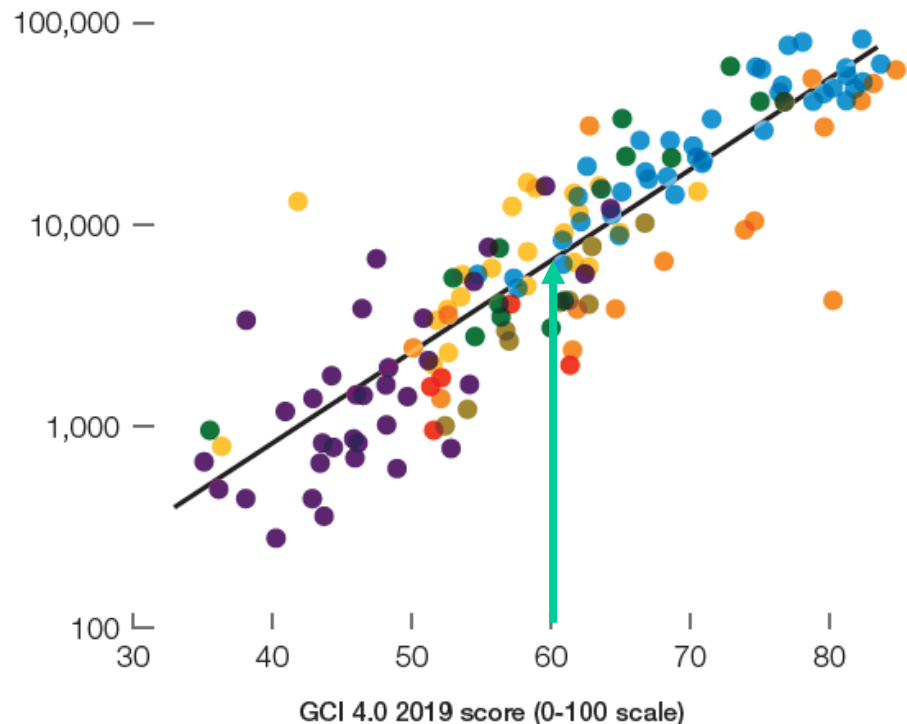


**Classificação
Brasileira:
GCI: 60,09**

Box 1: Introducing the Global Competitiveness Index 4.0 (

Figure 1.2: Competitiveness and income

GNI per capita, 2018 (US\$, log scale)

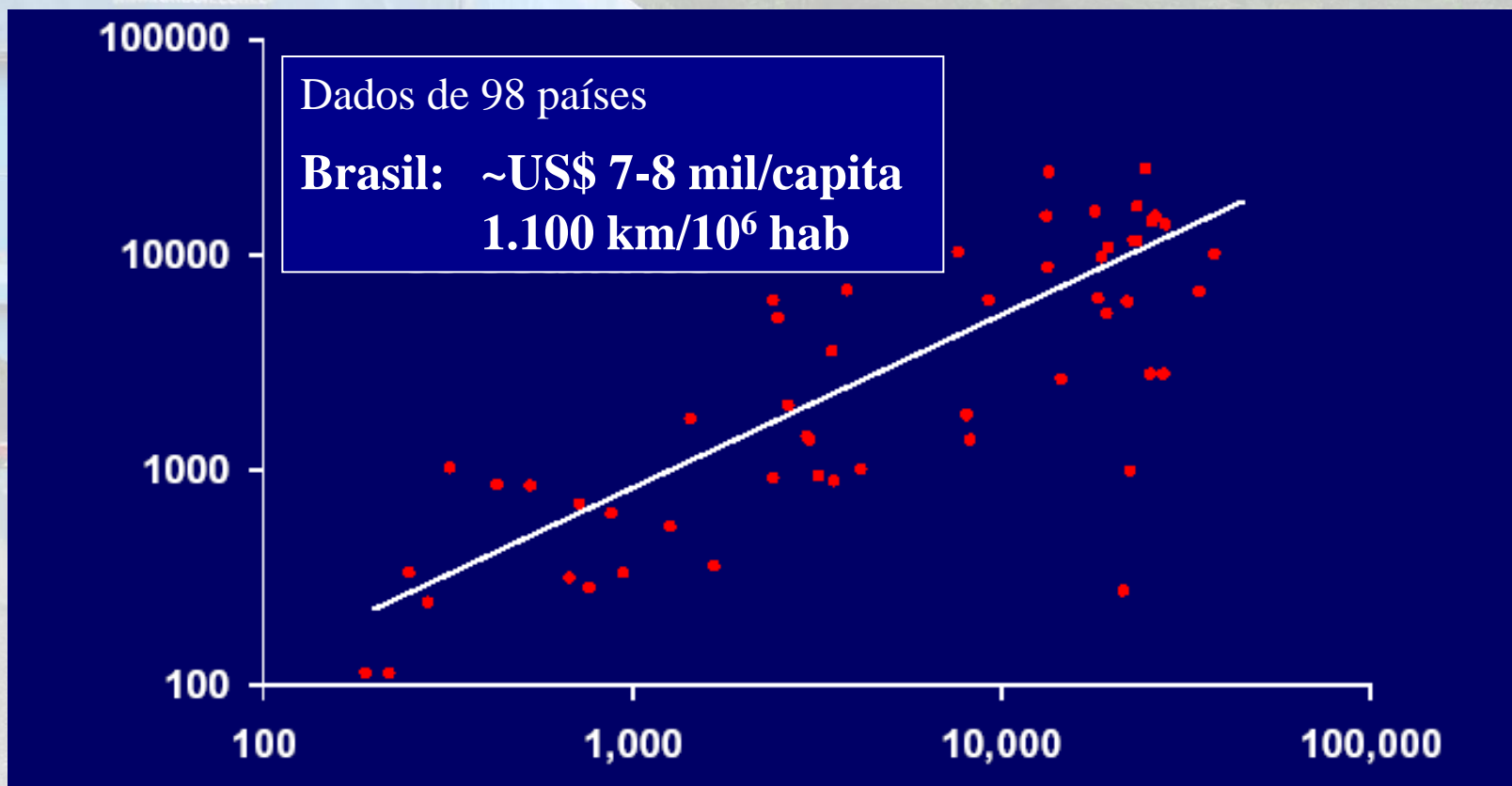


- East Asia and the Pacific
- Eurasia
- Europe and North America
- Latin America and the Caribbean
- Middle East and North Africa
- South Asia
- Sub-Saharan Africa

Source: World Economic Forum; World Bank, *World Development Indicators* database (accessed 10 July 2019).



A infraestrutura de transportes (rodovias pavimentadas) contribui para gerar riqueza para o país



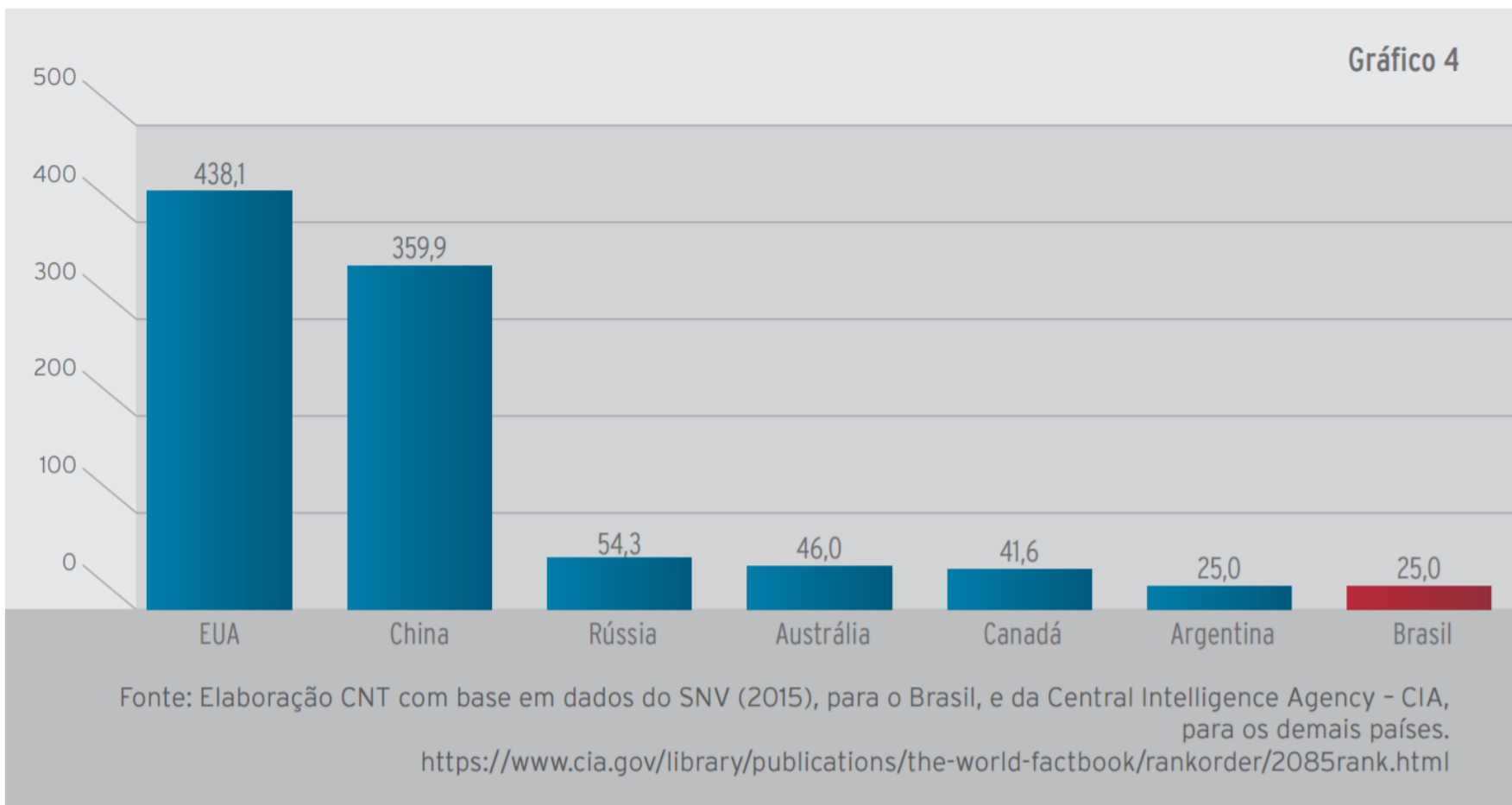
Densidade de rede rodoviária pavimentada (km/1.000.000 habitantes)

Fonte: Banco Mundial - (Queiroz e Gautam, 2006)



Comparativo com outros países...

Densidade da malha rodoviária pavimentada por país (valores em km/1.000 km²)





Aumento no número de veículos:

Tabela 2: Crescimento da produção de veículos entre 1999 e 2011

Tipo de Veículo	1999	2011	Crescimento (%)
Automóveis	1.109.509	2.519.389	127
Comerciais Leves	176.994	615.711	248
Caminhões	55.277	223.388	304
Ônibus	14.934	49.373	231
Total	1.356.714	3.407.861	151

Fonte: ANFAVEA (2012)

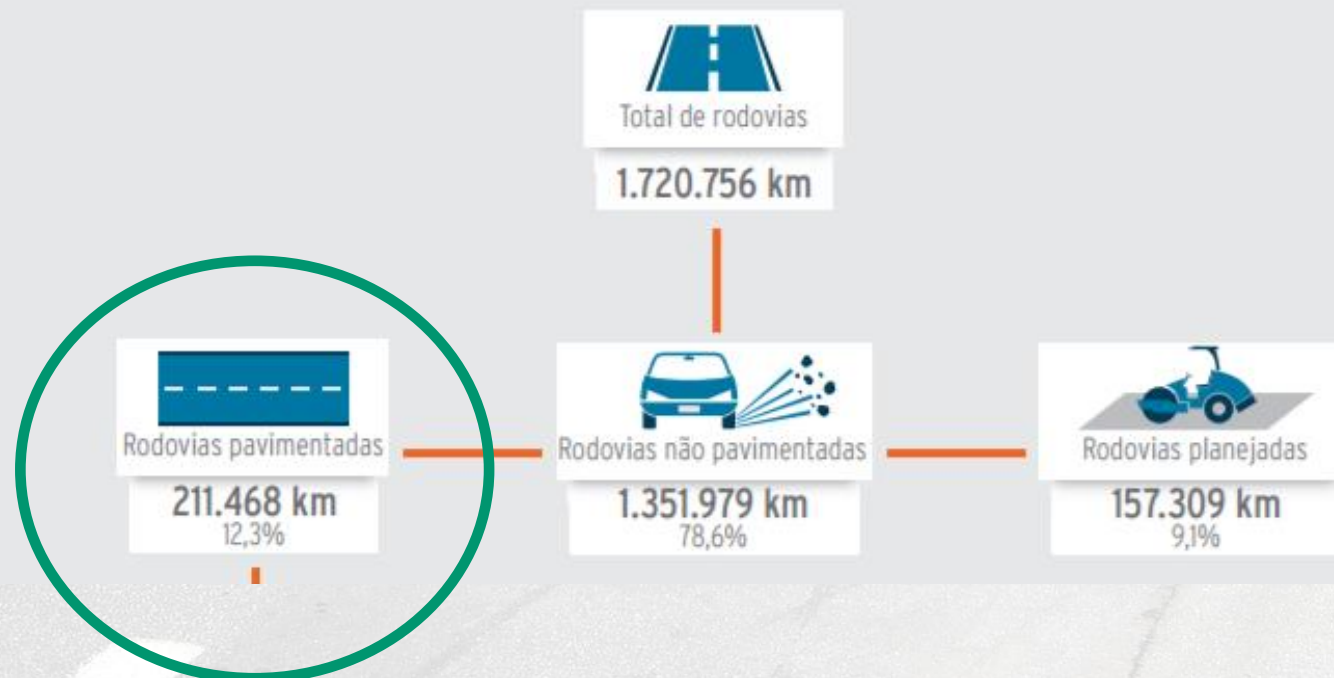
Aumento na extensão das Rodovias:

Em 1999: 164.997 km

Em 2011: 213.722 km (aumento de 30%)!!!

Atualização da malha rodoviária brasileira

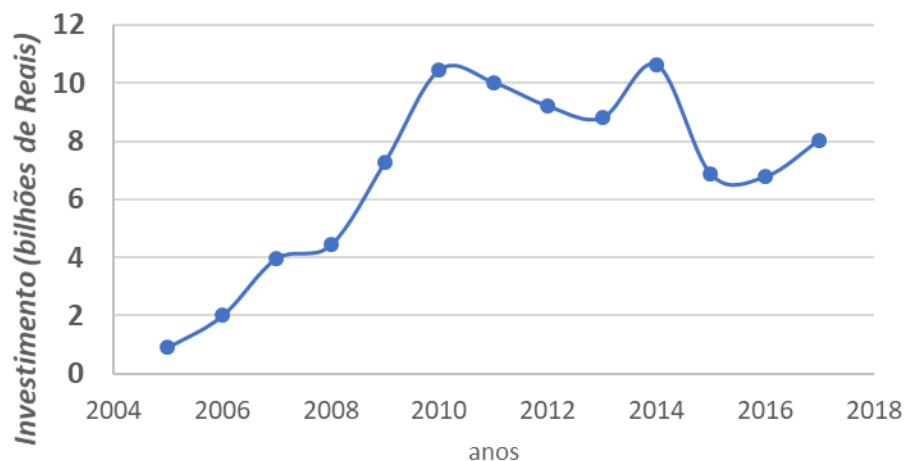
Figura





Investimentos Públicos Federais em Rodovias e Perdas em acidentes

investimento do Governo Federal em Rodovias

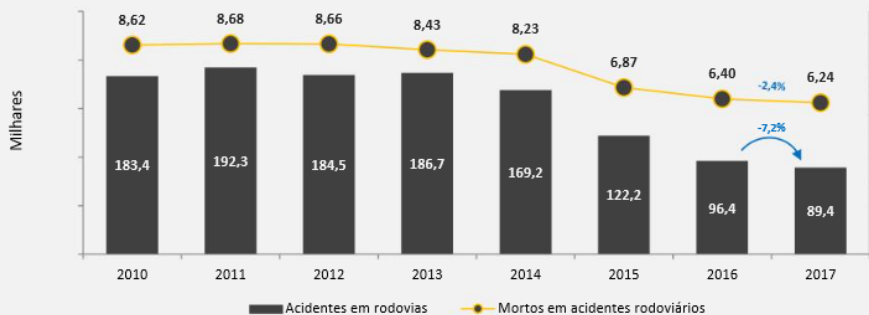


**INVESTIMENTO
PÚBLICO FEDERAL
EM 2017:**

8 bilhões de reais

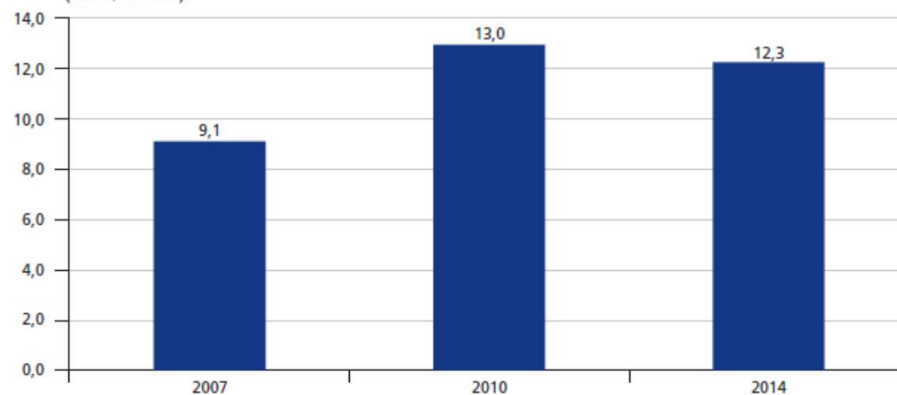
**PERDAS EM ACIDENTES
EM RODOVIAS FED:
12 bilhões de reais**

Total de Acidentes e de Mortos em Rodovias Federais (Tabelas 7.1)



Fonte: PRF

Custos dos acidentes nas rodovias federais (2007, 2010 e 2014)
(Em R\$ bilhões)¹



Fonte: Ipea, Denatran e ANTP (2006), com atualização da base de acidentes da PRF (2014).
Nota: ¹ Valores constantes de dezembro de 2014.



Transporte de carga é feito prioritariamente por Rodovias



Figura 8: Distribuição modal da matriz brasileira de transportes regionais de cargas em 2011 (com e sem minério de ferro)



Transporte de carga:

30 a 60% dos veículos são caminhões





Transporte de carga é feito prioritariamente por Rodovias

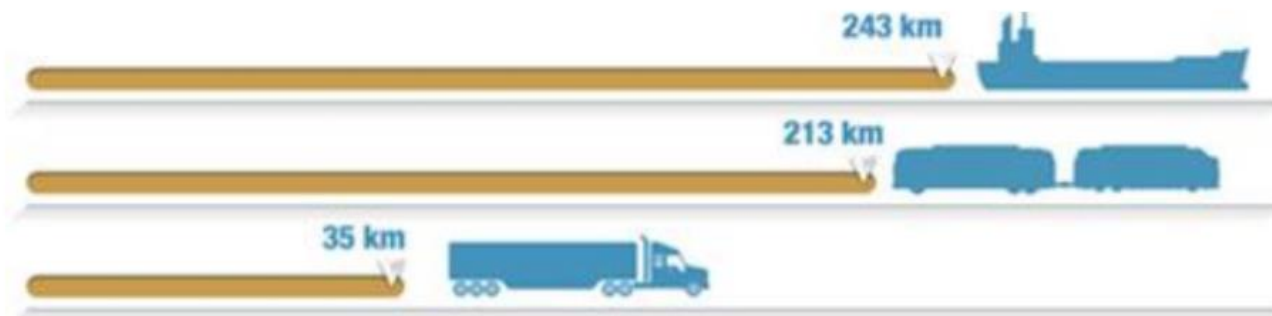


Figura 2: Distância percorrida por uma tonelada de carga com o uso de um litro de combustível.

Fonte: Câmara de Comércio Marítimo – Canadá/EUA

1 Foram considerados valores nominais do PIB, divulgados pelo IBGE, de 2004 a 2013, que resultam em diferença de 172,33%.
Fonte: Diagnóstico Logístico EPL.

Apud: PNL-2025
EPL, 2018

- Problemas de elevado volume de tráfego nas vias também reflete em EMISSÕES de CO₂....

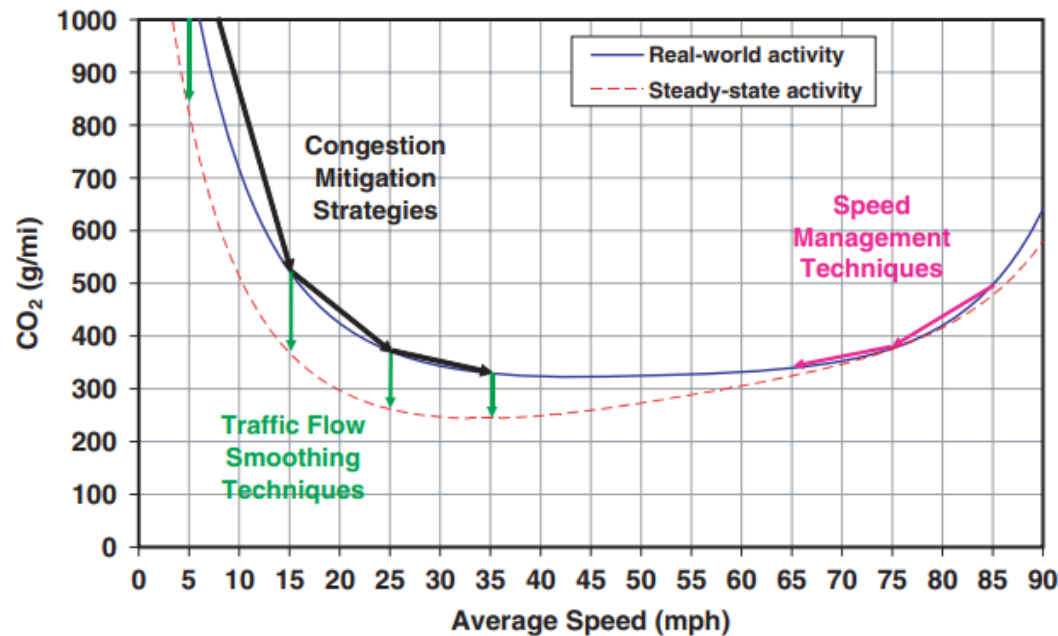
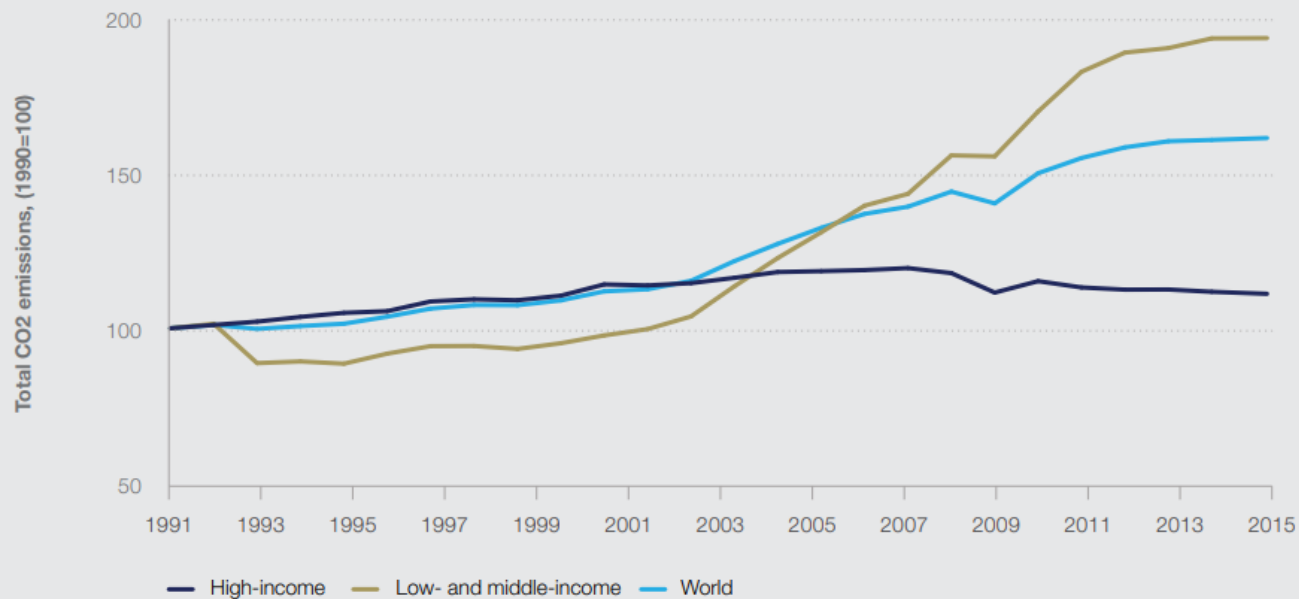


FIGURE 4 Possible use of traffic operation strategies in reducing on-road CO₂ emissions.

• EMISSÕES de CO2....

FIGURE 4.2

Trend in CO2 emissions, (Kt total), 1991–2015

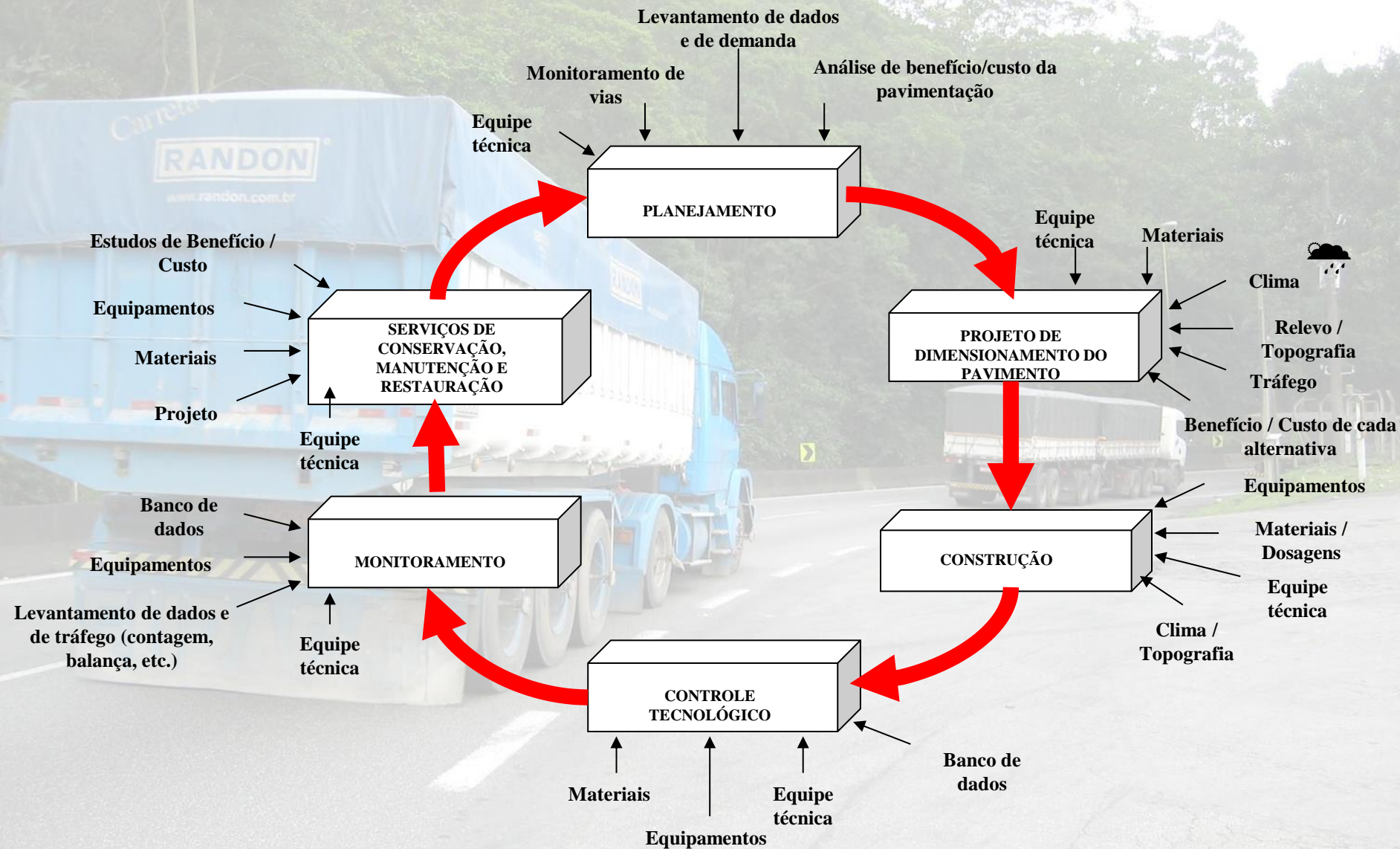


Source

World Bank, Sustainable Energy for all (SE4ALL) data catalog.

Note

High-income and low- and middle-income economies are defined according to World Bank classification, which is based on Gross National Income (GNI) per capita (current US\$) calculated using the Atlas method.



Diferenças entre desempenhos



Pavimentos resistentes, duráveis, confortáveis e seguros requerem:

- Bom produto/material
- Bom projeto
- Boa execução
- Bom controle
- Boa manutenção

Tecnologia
+
Inovação