



Irregularidade Longitudinal de Pavimentos: Conceitos, Aplicações Práticas e Desdobramentos

Deividi da Silva Pereira (UFSM)

Lucas Dotto Bueno (UFSM)

Apoio: Equipe GEPPASV/UFSM

APRESENTAÇÃO

Universidade Federal de Santa Maria (2024)

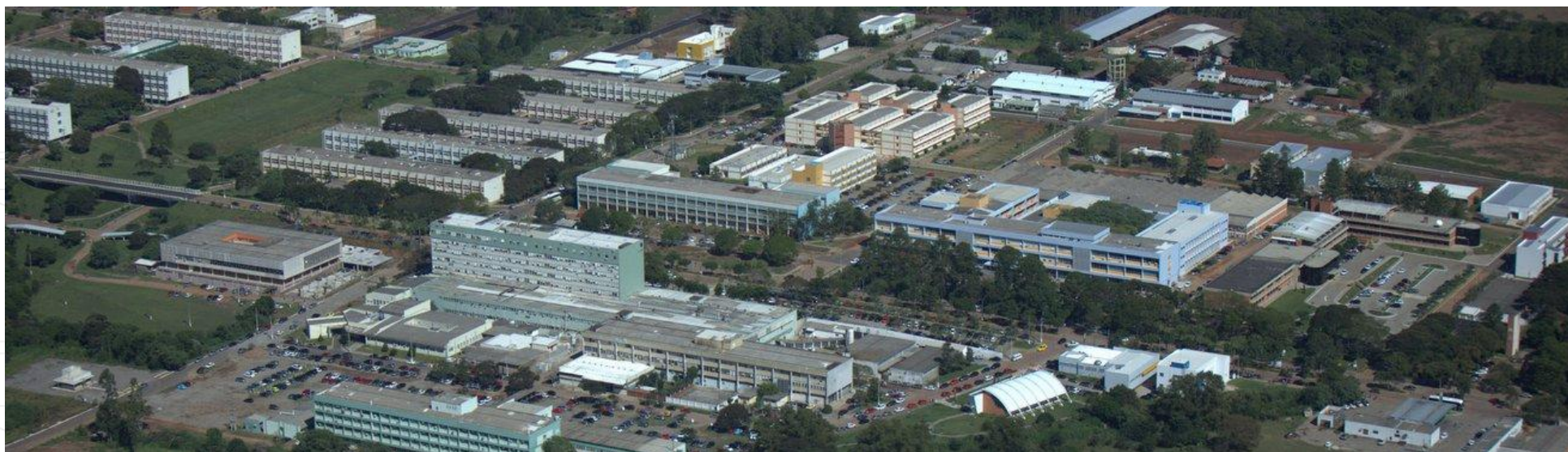
Professores – 2.054

Técnicos Administrativos em Educação – 2.493

Estudantes – 26.212

Graduação – 129 cursos

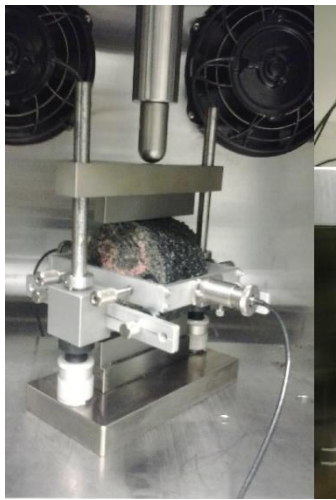
Pós-Graduação – 61 Mestrado e 34 Doutorado



APRESENTAÇÃO



Nome do Projeto	Projeto de Pavimentação
Local	Brasília
Responsável	Dr. Roberto Carneiro
Disciplina	Disciplina de Pavimentação
Assunto	Projeto de Pavimentação
Objetivo	Projeto de Pavimentação
Justificativa	Projeto de Pavimentação
Metodologia	Projeto de Pavimentação
Resultados	Projeto de Pavimentação
Conclusões	Projeto de Pavimentação
Referências	Projeto de Pavimentação
Observações	Projeto de Pavimentação



APRESENTAÇÃO

TED 545/2022 – UFSM/DNIT

OBJETO: Desenvolvimento de estudos técnicos especializados na área de dimensionamento de pavimentos asfálticos, implantação de trechos experimentais, previsão da irregularidade longitudinal e avaliação de misturas asfálticas, com o intuito contribuir com a Coordenação-Geral do Instituto de Pesquisa em Transportes (CGIPT-IPR) e a Diretoria de Planejamento e Pesquisa (DPP) do DNIT no cenário prático/tecnológico rodoviário brasileiro, visando futuras evoluções nos métodos de dimensionamentos de pavimentos

Resumidamente:

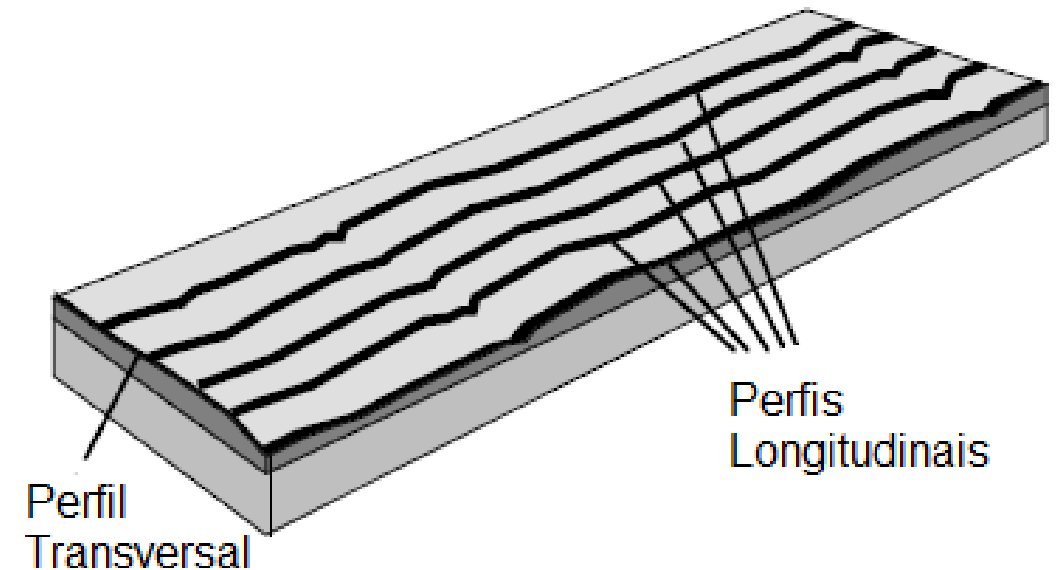
- Implantação de trechos experimentais
- **Previsão da irregularidade longitudinal**
- Avaliação de misturas asfálticas



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ Conceitos iniciais:

- De acordo com DNER PRO 164/94: “é o desvio da superfície da rodovia, em relação a um plano de referência, que afeta a dinâmica dos veículos, a qualidade do rolamento e as cargas dinâmicas sobre a via.”
- Prof. F. Domingues: “é o conjunto dos desvios de sua superfície, ao longo das trilhas de roda, em relação à superfície ideal projetada, com características tais que **afeta o movimento dos veículos, a qualidade do rolamento, as cargas dinâmicas que atuam sobre a via e a drenagem da superfície.**”

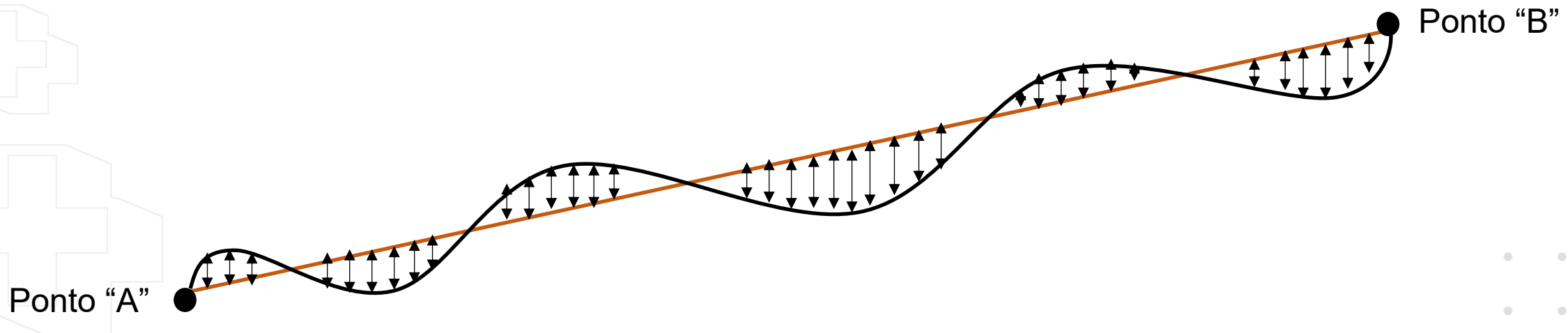


Fonte: Adaptado de Sayers e Karamilhas (1998)

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ Conceitos iniciais:

- A **irregularidade longitudinal** é medida ao longo de uma linha imaginária, paralela ao eixo da estrada, nas trilhas de Roda;
- A irregularidade transversal é medida no sentido transversal da pista:
 - Deformação Plástica → ATR.
- Unidades de Medida
 - Quociente de Irregularidade (QI): [cont/km];
 - **International Roughness Index (IRI)** ou Índice Internacional de Irregularidade: [**m/km**].



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ Processo de Mensuração:

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Sistemas de medidas diretas do perfil	Sistemas baseados nas reações do veículo	Sistemas de medida com sonda sem contato	Sistemas de medidas indiretas do perfil
<ul style="list-style-type: none">Método de Nível e MiraDipstick	<ul style="list-style-type: none">Rugosímetro BPRMaysmeterBump IntegratorPCA roadmeter,Sistema Integrador IPR/USP	<ul style="list-style-type: none">Perfilômetro “laser”Perfilômetro Inercial.	<ul style="list-style-type: none">Perfilômetro Dinâmico de superfíciePerfilômetro AASHTOAnalizador de perfil longitudinal – APLPerfilômetro CHLOE;MERLIN

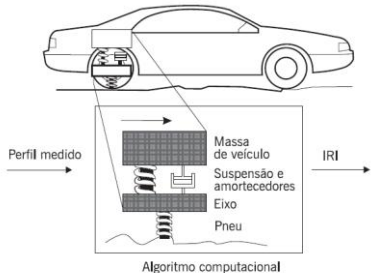
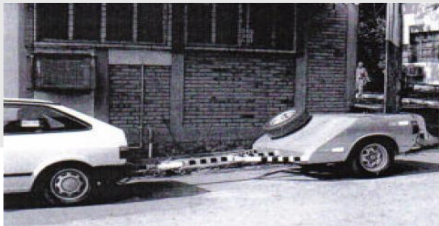


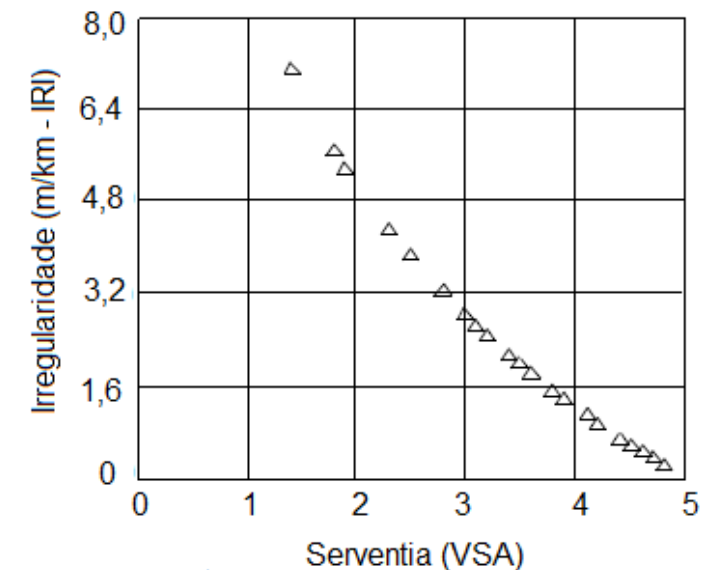
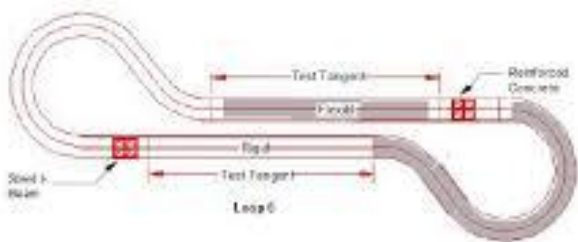
Figura 9.14 Princípio de funcionamento de equipamento tipo-resposta (Gillespie et al., 1980)



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ Histórico e Importância:

- *AASHO Road Test* – 1956 até 1960 (Fonte: FWHA, 2022);
- Boa correlação entre serventia e irregularidade;
- Empregado em Gerência de Pavimentos;
- Gatilho para intervenções – Parâmetro de qualidade executiva e operacional;
- Utilizado para estimar custos de manutenção e reabilitação de pavimentos;
- Permite a previsão de custos operacionais;
- Há modelos de previsão de crescimento deste índice ao longo da vida útil do pavimento.



Fonte: Adaptado de Gillespie (1992)

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ **IRI - Valores normativos iniciais:**

➤ **DNIT 031/2006** – Aceitação do pavimento: **≤ 2,7 m/km.**

➤ Recentemente (**DNIT 031/2024** – Aceitação do pavimento):

➤ Pavimentos Novos: **≤ 2,0 m/km;**

➤ Restauração: **≤ 2,4 m/km.**

Conceito	IRI (m/km)
Ótimo	0,00 < IRI ≤ 1,90
Bom	1,90 < IRI ≤ 2,70
Regular	2,70 < IRI ≤ 3,50
Ruim	3,50 < IRI ≤ 4,60
Péssimo	IRI >4,60

Fonte: Adaptado de DNIT (2006)

➤ **Bueno (2019) e Pavi (2019)** realizaram uma proposta em função da importância hierárquica da via: **≤ 1,8 m/km (vias mais importantes)**

Tipo de Via	Confiabilidade	IRI _{INICIAL} (m/km)	IRI _{MÁX} (m/km)
Sistema Arterial Principal	95%	Inferior a 1,80	2,70
Sistema Arterial Primário	85%	Inferior a 1,80	2,70
Sistema Arterial Secundário	75%	Inferior a 2,50	3,50
Sistema Coletor Primário	85%	Inferior a 1,80	2,70
Sistema Coletor Secundário	75%	Inferior a 2,50	3,50
Sistema Local	65%	Inferior a 2,50	3,50

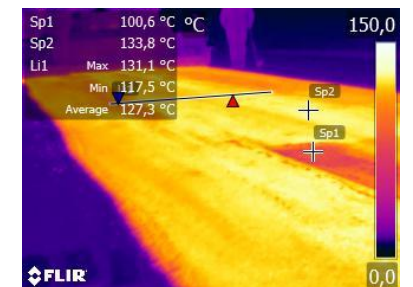
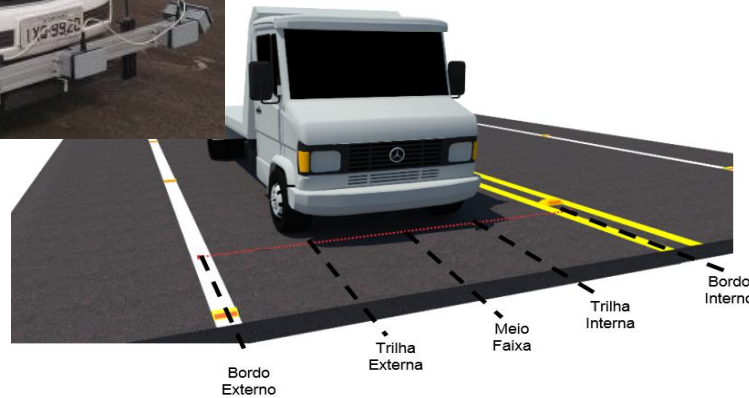
Fonte: Bueno (2019)



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ Como “nasce” o IRI

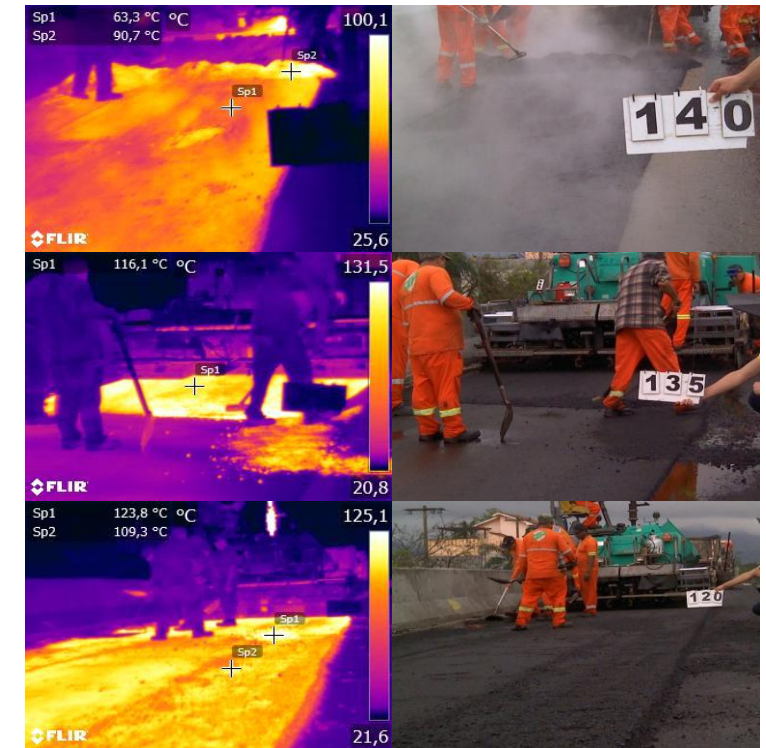
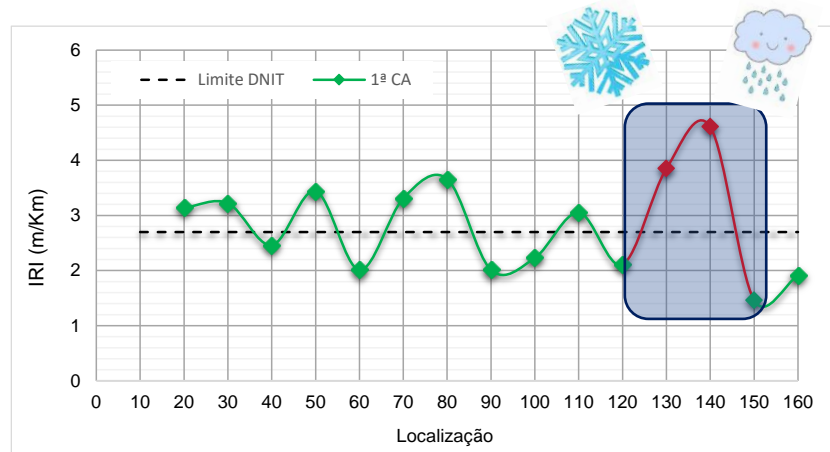
- Função da qualidade executiva das camadas e materiais empregados:
- PAVI (2019): IDENTIFICAÇÃO DE FATORES CONSTRUTIVOS QUE CONTRIBUEM PARA O AUMENTO DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL A PARTIR DO MONITORAMENTO DE IMPLANTAÇÃO E RESTAURAÇÃO DE TRECHOS RODOVIÁRIOS



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ Ações executivas na implantação/reabilitação para mitigar o impacto no IRI:

- Cuidado construtivo com as juntas;
- Controle adequado da temperatura de compactação;
- Evitar salgar a massa;
- Efetivo aquecimento da vibroacabadora;
- Fornecimento contínuo de massa asfáltica;
- Não expor camadas granulares por muito tempo, sobretudo sem imprimação.



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ Modelo de Previsão de Desempenho do IRI (Bueno, 2019; Bueno et al, 2022)



Road Materials and Pavement Design



ISSN: (Print) (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/trmp20>

Contribution to the mechanistic-empirical roughness prediction in asphalt pavements

Lucas Dotto Bueno, Deividi da Silva Pereira, Luciano Pivoto Specht, Luis Alberto Herrmann do Nascimento, Silvio Lisboa Schuster, Marcos Antonio Fritzen, Youngsoo Richard Kim & Ana Helena Back

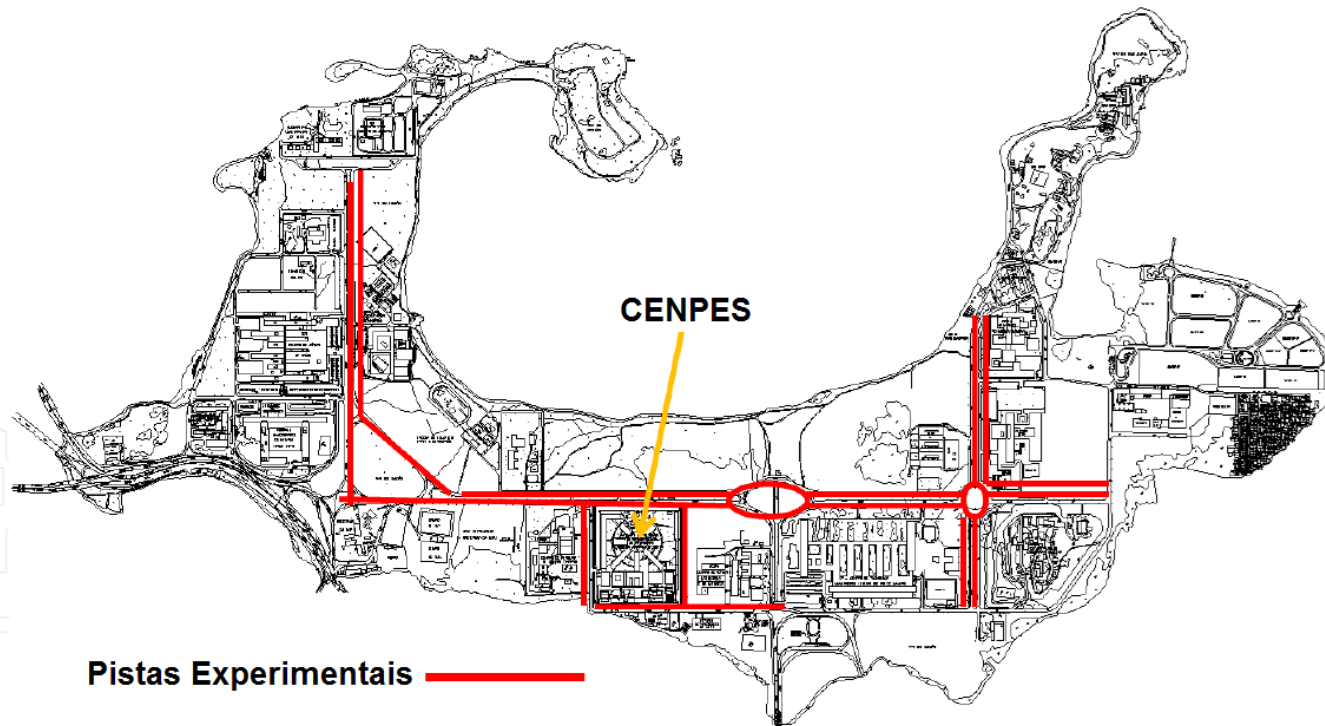
To cite this article: Lucas Dotto Bueno, Deividi da Silva Pereira, Luciano Pivoto Specht, Luis Alberto Herrmann do Nascimento, Silvio Lisboa Schuster, Marcos Antonio Fritzen, Youngsoo Richard Kim & Ana Helena Back (2022): Contribution to the mechanistic-empirical roughness prediction in asphalt pavements, Road Materials and Pavement Design, DOI: [10.1080/14680629.2022.2029758](https://doi.org/10.1080/14680629.2022.2029758)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/14680629.2022.2029758>



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

- **Modelo de Previsão de Desempenho do IRI (Bueno, 2019; Bueno et al, 2022)**
 - Trechos monitorados no Rio de Janeiro/RJ: Parceria entre *CENPES/PETROBRAS* e *COPPE/UFRJ* - “Projeto Fundação”



Pistas Experimentais ———

Seleção de 27 segmentos
(Nascimento, 2015)

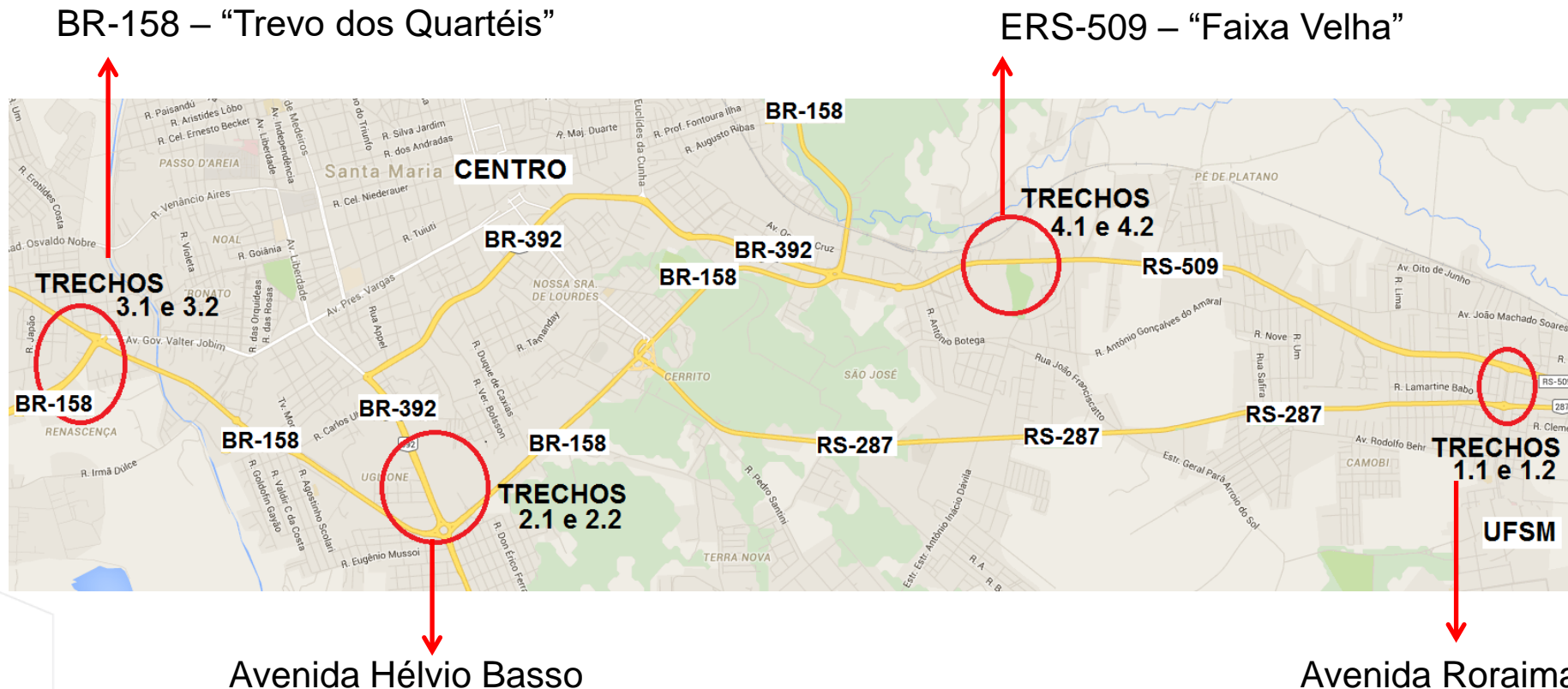
Segmentos de
reabilitação dos
pavimentos existentes

Fonte: Adaptado de Nascimento (2015)



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

- **Modelo de Previsão de Desempenho do IRI (Bueno, 2019; Bueno et al, 2022)**
 - Trechos monitorados em Santa Maria/RS: Parceria entre a *Rede de Tecnologia em Asfalto ANP/Petrobras* e a UFSM



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ Modelo de Previsão de Desempenho do IRI (Bueno, 2019; Bueno et al, 2022)

MeDiNa - v.1.1.9.0 - abr/2023

Projeto Editar Análise Ajuda

ESTRUTURA MODELAGEM RESULTADOS

Danos Mensais ATR Bacias de campo Completo

Mês	N equiv	ÁREA TRINCADA (%)	ATR (mm)
1	5,146e+05	0,92%	0,00
2	1,031e+06	1,18%	0,00
3	1,548e+06	1,36%	0,00
4	2,066e+06	1,51%	0,00
5	2,586e+06	1,65%	0,00
6	3,107e+06	1,77%	0,00
7	3,629e+06	1,88%	0,00
8	4,153e+06	1,98%	0,00
9	4,678e+06	2,08%	0,00
10	5,204e+06	2,17%	0,00
11	5,731e+06	2,26%	0,00
12	6,260e+06	2,35%	0,00

IRI (m/km) ???

Relatório mensal do dano funcional

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ Modelo de Previsão de Desempenho do IRI (Bueno, 2019; Bueno et al, 2022)

- Análise de Variância - ANOVA (nível de significância de 5%)
 - **QUAIS PARÂMETROS INFLUENCIAM NA EVOLUÇÃO DO IRI?**
 - Irregularidade Inicial (após o final do processo construtivo)



- Idade do Pavimento
- Tráfego Atual



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

- Modelo de Previsão de Desempenho do IRI (Bueno, 2019; Bueno et al, 2022)
 - Análise de Variância - ANOVA (nível de significância de 5%)
 - **QUAIS PARÂMETROS INFLUENCIAM NA EVOLUÇÃO DO IRI?**
 - Área Trincada



- Deflexão na Superfície

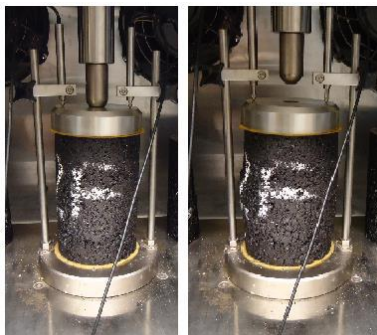


IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

- Modelo de Previsão de Desempenho do IRI (Bueno, 2019; Bueno et al, 2022)
 - Análise de Variância - ANOVA (nível de significância de 5%)
 - **QUAIS PARÂMETROS INFLUENCIAM NA EVOLUÇÃO DO IRI?**
 - Afundamento em trilha de roda



- *Flow Number* da Mistura Asfáltica

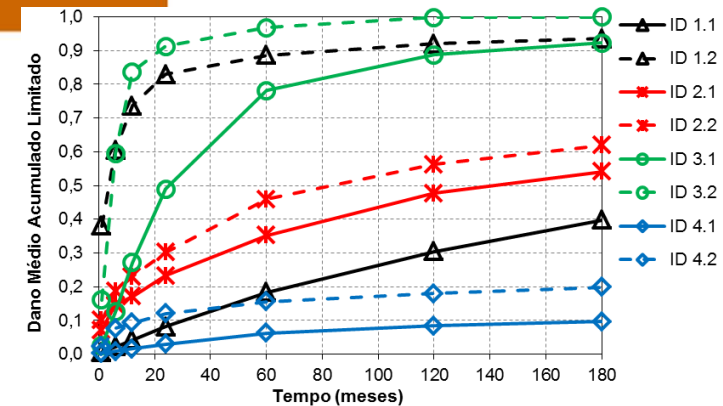
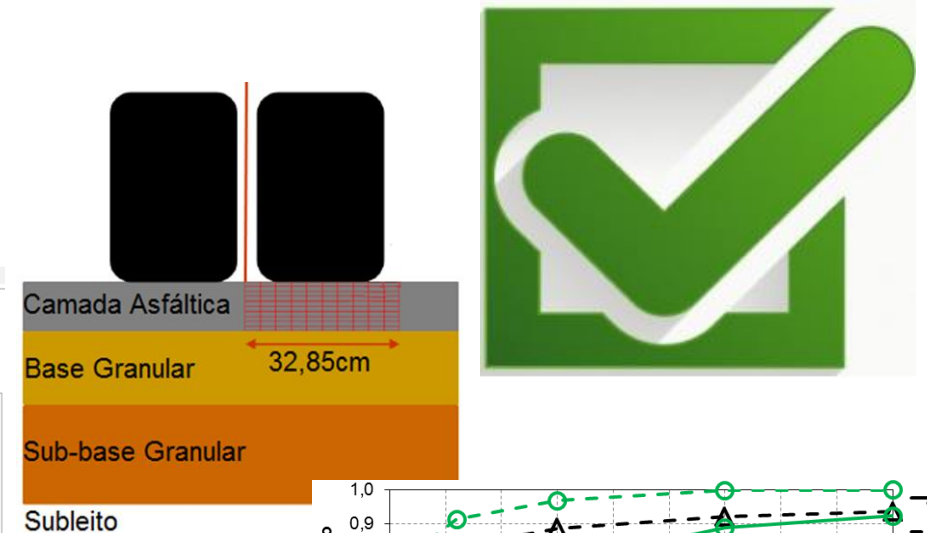
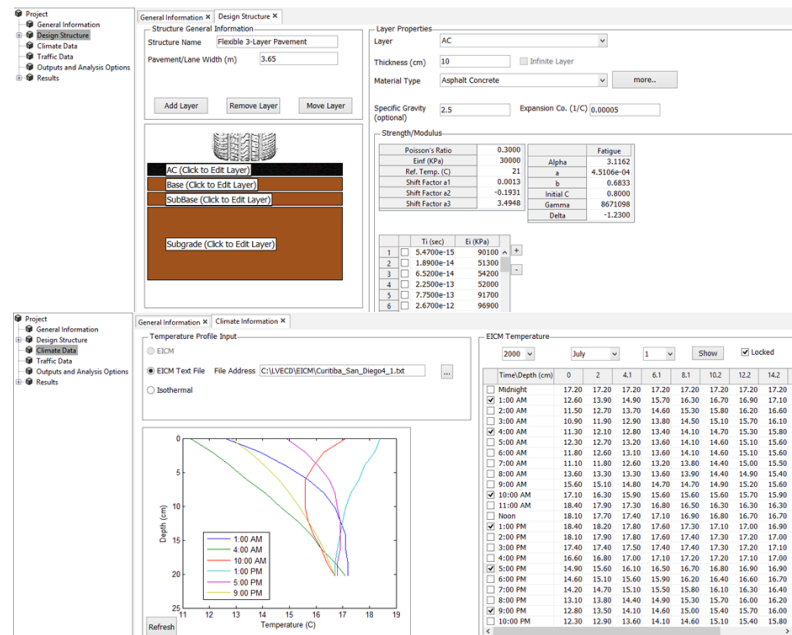


IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ Modelo de Previsão de Desempenho do IRI (Bueno, 2019; Bueno et al, 2022)

- Análise de Variância - ANOVA (nível de significância de 5%)
 - **QUAIS PARÂMETROS INFLUENCIAM NA EVOLUÇÃO DO IRI?**
 - Dano por fadiga no pavimento
 - Calculado com o LVECD (FlexPave™)

PARÂMETRO MECANICISTA



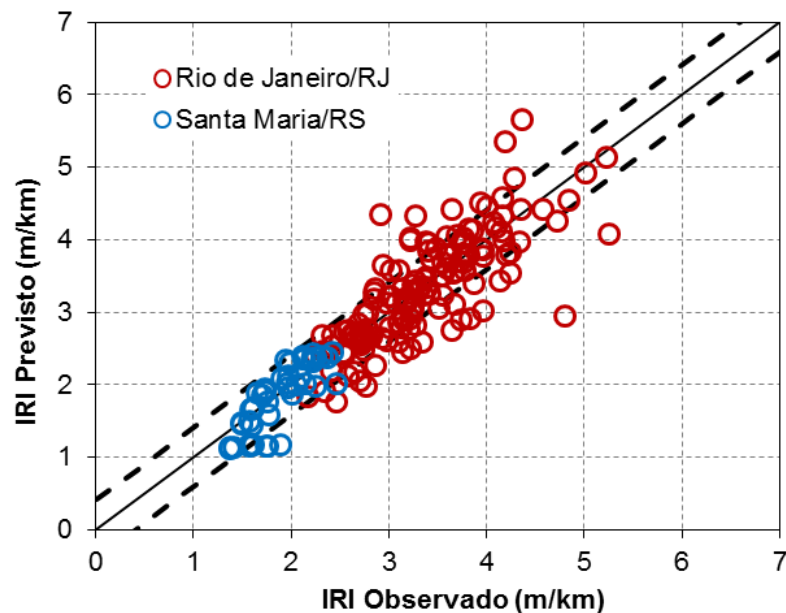
IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ Modelo de Previsão de Desempenho do IRI (Bueno, 2019; Bueno et al, 2022)

➤ Modelos Propostos

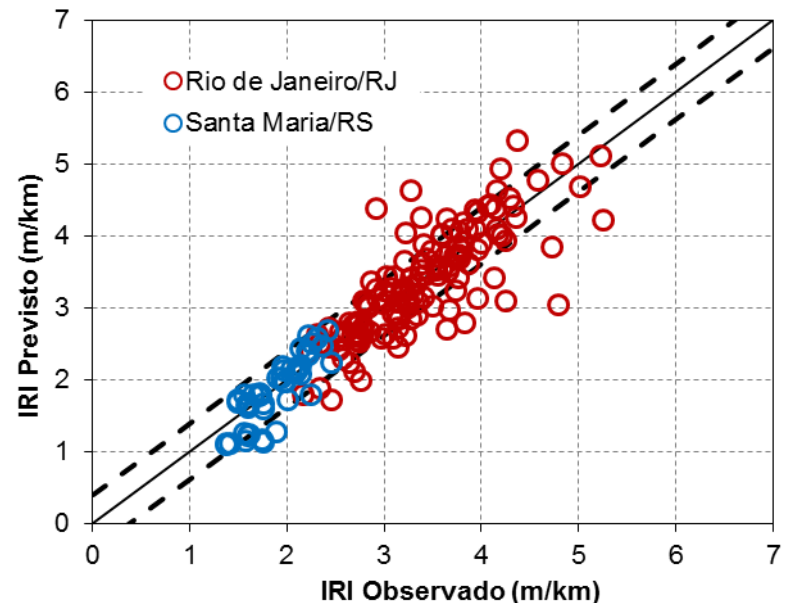
➤ Intercepto fixo no $IRI_{INICIAL}$

EMPÍRICO



Modelo Linear Empírico com intercepto fixo	Confiabilidade	k1	k2	R²
$IRI_{(t)} = IRI_i + [(k1 * N) + (k2 * (D_{MÁX} * AT))]$	95%	3,54E-08	1,42E-04	0,77
	85%	3,54E-08	1,33E-04	
	75%	3,54E-08	1,28E-04	
	65%	3,54E-08	1,24E-04	

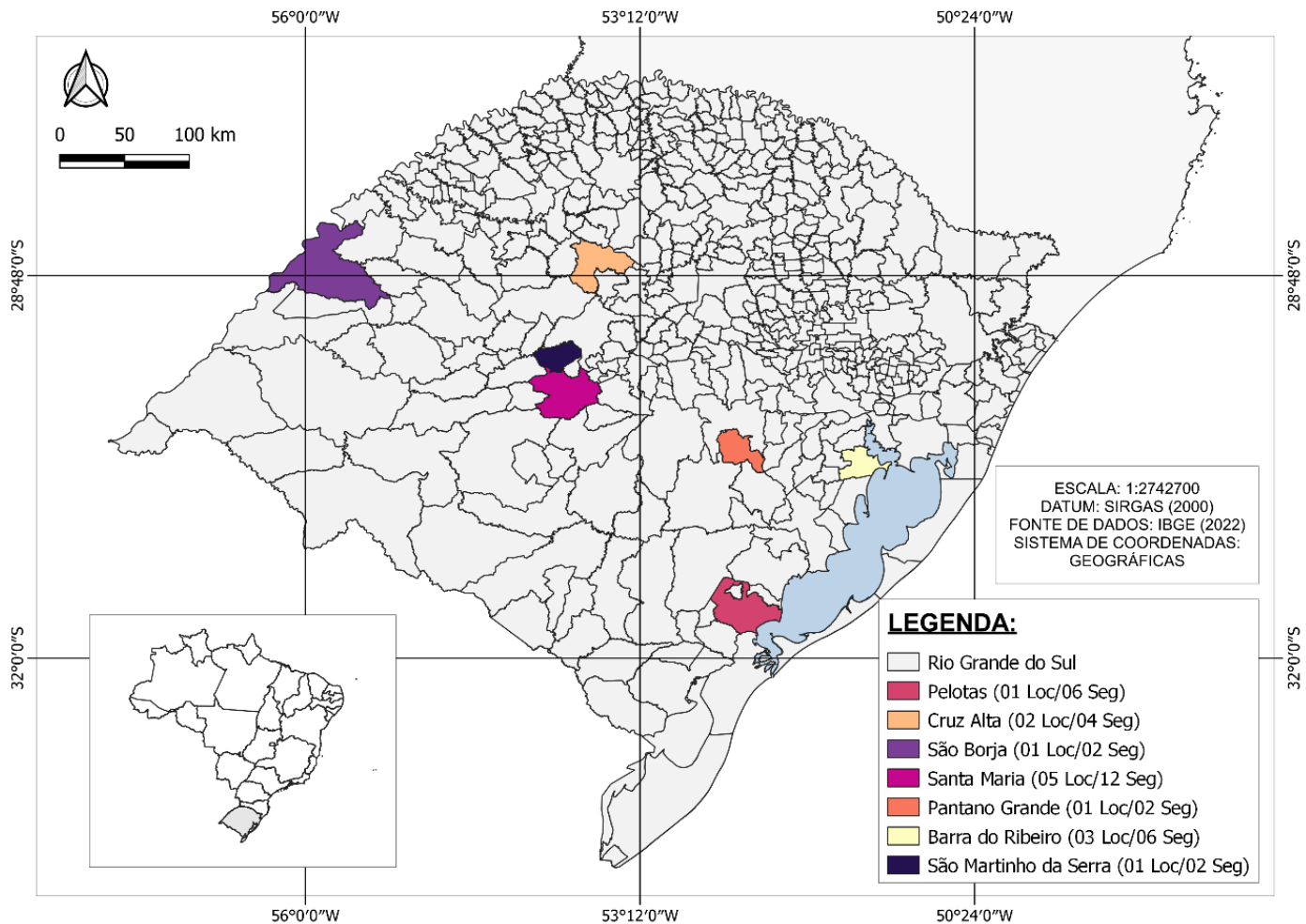
EMPÍRICO-MECANICISTA (LVECD/FlexPave™)



Modelo Linear Emp-Mec (LVECD) com intercepto fixo	Confiabilidade	k1	k2	R²
$IRI_{(t)} = IRI_i + (k1 * DANO_{LVECD} * AGE)$	95%	0,0124	--	0,79
	85%	0,0121	--	
	75%	0,0119	--	
	65%	0,0118	--	

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ TED 542/2022 (UFSM/IPR DNIT) – Atualização Empírica e Empírico-mecanicista do Modelo de IRI



15 diferentes localidades
experimentais, com 34 distintos
segmentos experimentais

Conceito	IRI (m/km)
Ótimo	0,00 < IRI ≤ 1,90
Bom	1,90 < IRI ≤ 2,70
Regular	2,70 < IRI ≤ 3,50
Ruim	3,50 < IRI ≤ 4,60
Péssimo	IRI >4,60

Fonte: Adaptado de DNIT (2006)



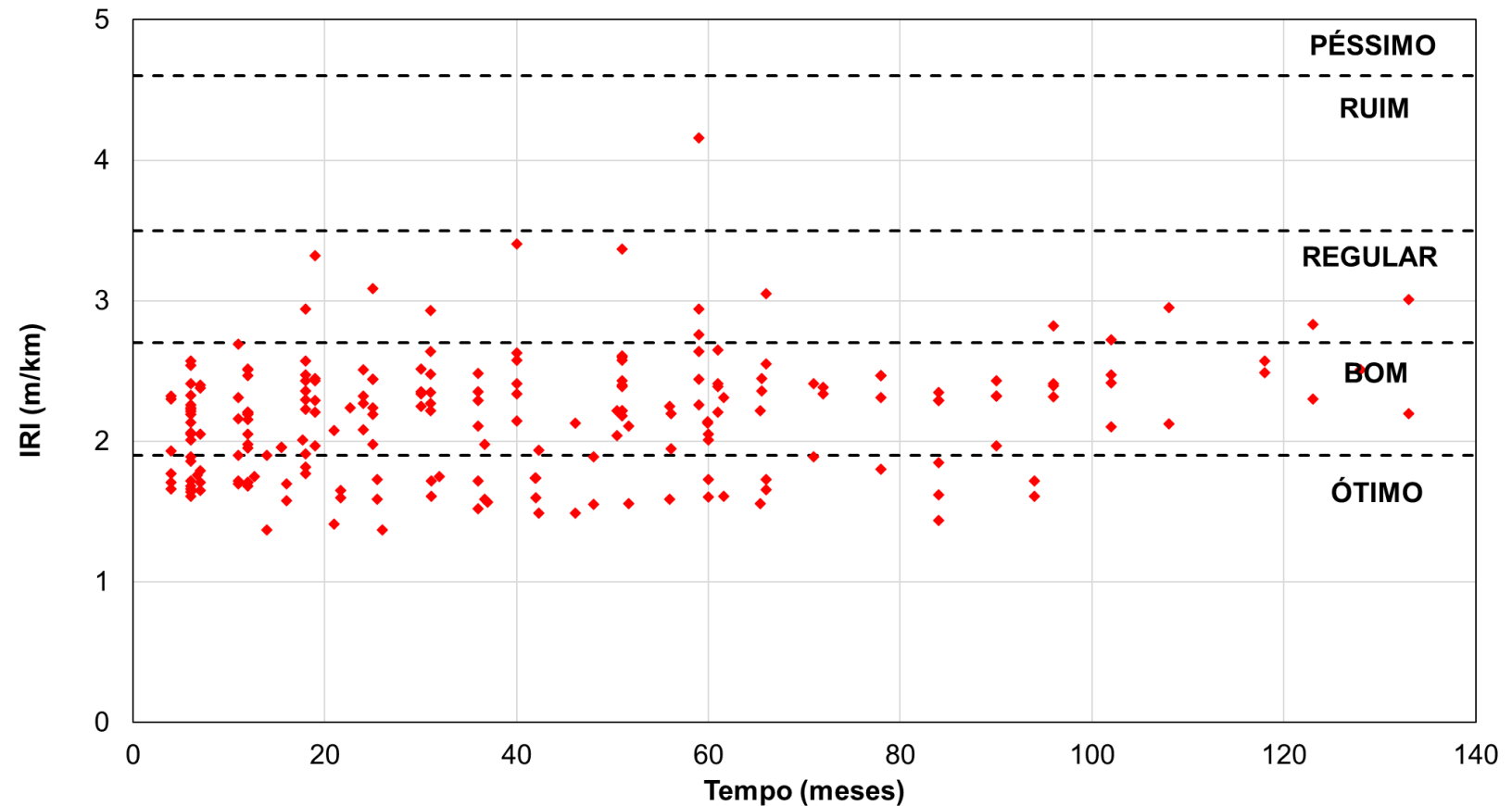
IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ TED 542/2022 (UFSM/IPR DNIT) – Atualização Empírica e Empírico-mecanicista do Modelo de IRI

15 diferentes
localidades
experimentais;

34 distintos
segmentos
experimentais;

214 pontos de IRI
válidos



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ Em síntese...o IRI...

- Representa a percepção de conforto do usuário;
- Impacta os custos operacionais:
 - Manutenção veicular;
 - Desgaste dos Pneus;
 - Velocidade praticada na via;
 - **Perda de grãos transportados a granel;**
 - **Consumo de Combustíveis;**
 - **Emissões de CO₂**
- Empregado largamente em gerência de pavimentos;
- Parâmetro indicativo da necessidade de reabilitação de pavimentos;
- Importante índice para a fiscalização de concessões rodoviárias e de controle executivo;

Avaliação da Sustentabilidade durante a utilização do pavimento

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

- A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade
- Estudo de caso: RSC-287

- Conecta Santa Maria/RS a Tabaí/RS
- Segmento em Pista Simples
 - 214 km (em fase de duplicação)
 - N_{USACE} (estimado 10 anos) = $4,03 \times 10^7$

Tráfego de Veículos e Pessoas (Ano de 2023)
 $VDM_{bidirecional} = 10.500$

	Total de movimentações	Quant. Pessoas por veículo	Total de Pessoas
Veíc. Passeio	2.950.841	2	5.901.682
Veíc. Comerciais (caminhões)	871.071	1	871.071
Ônibus (considerando 40 Assentos)	8.395	24	201.480
			6.974.233



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade

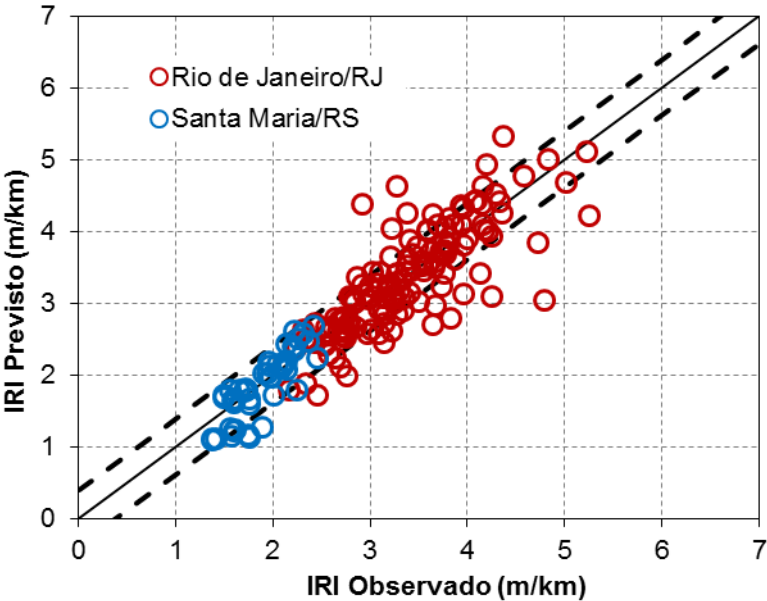


➤ IRI inicial

- DNIT 031/2006: $\leq 2,7 \text{ m/km}$
- DNIT 031/2024: $\leq 2,0 \text{ m/km}$
- Pavi (2019) e Bueno (2019): $\leq 1,8 \text{ m/km}$

➤ Modelo de Desempenho do IRI

EMPÍRICO-MECANICISTA
(LVECD/FlexPave™)



Modelo Linear Emp-Mec (LVECD) com intercepto fixo	Confiabilidade	k1	k2	R²
$IRI_{(t)} = IRI_i + (k1 * DANO_{LVECD} * AGE)$	95%	0,0124	--	0,79
	85%	0,0121	--	
	75%	0,0119	--	
	65%	0,0118	--	

DNIT

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO NACIONAL DE
INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

DIRETORIA-GERAL

DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E
PESQUISA

INSTITUTO DE PESQUISAS EM
TRANSPORTES
Setor de Autarquias Norte
Quadra 03 Lote A
Ed. Núcleo dos Transportes
Brasília – DF – CEP 70040-902
Tel./fax: (61) 3315-4831

OUTUBRO 2024

NORMA DNIT 031/2024 – ES

Pavimentação – Concreto asfáltico –
Especificação de serviço

Autor: Instituto de Pesquisas em Transportes – IPR

Processo: 50600.030776/2019-81

Origem: Revisão da Norma DNIT 031/2006 – ES

Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na reunião de 08/10/2024.

Direitos autorais exclusivos do DNIT, sendo permitida reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte (DNIT), mantido o texto original e não acrescentado nenhum tipo de propaganda comercial.

Palavras-chave:

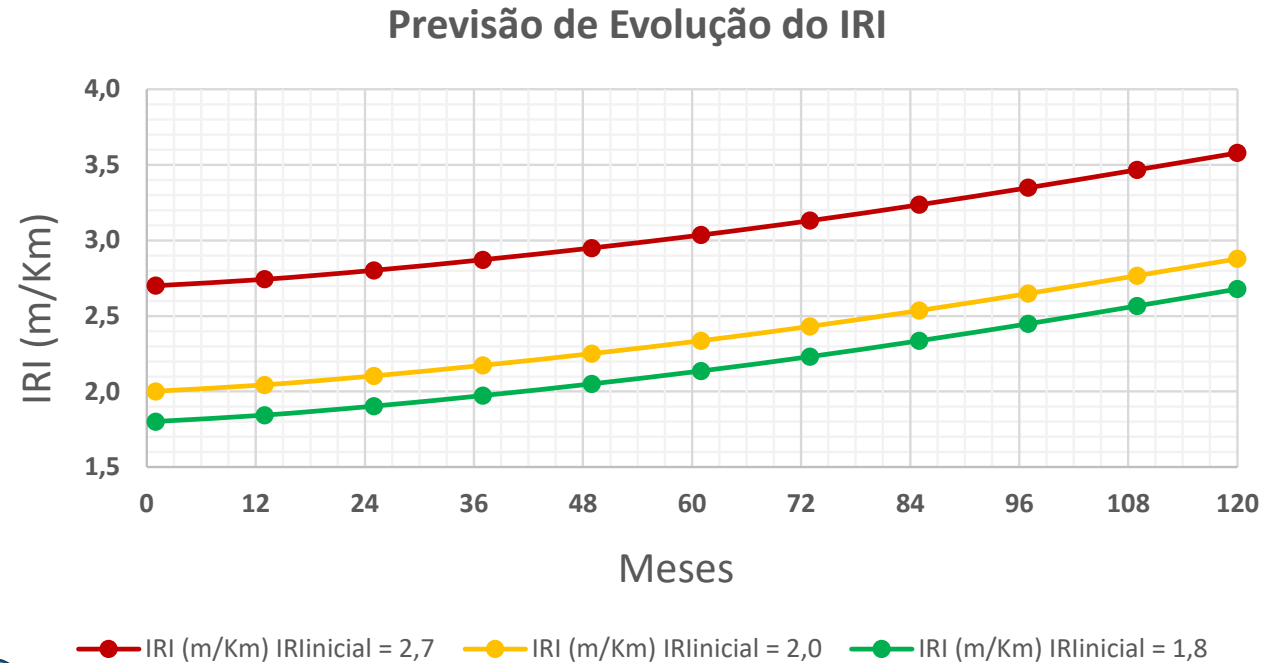
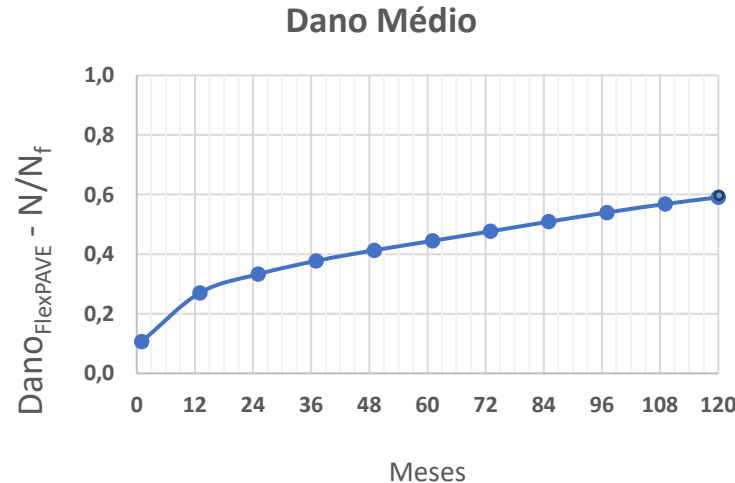
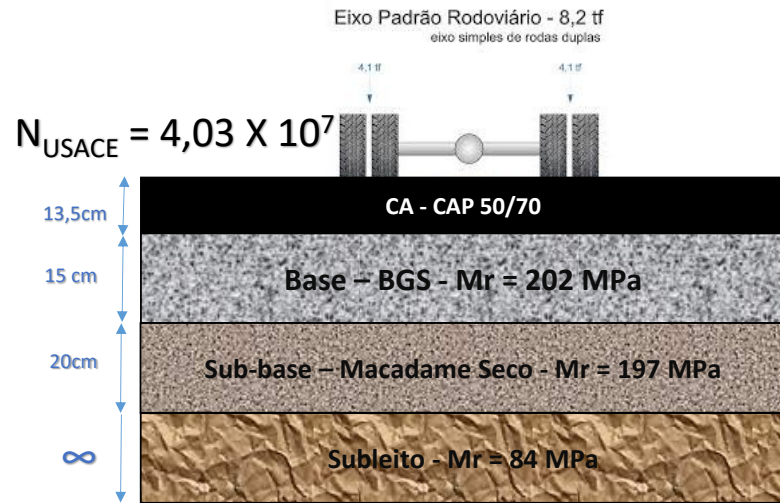
Concreto asfáltico, pavimento flexível, mistura asfáltica densa

Nº total de páginas

33

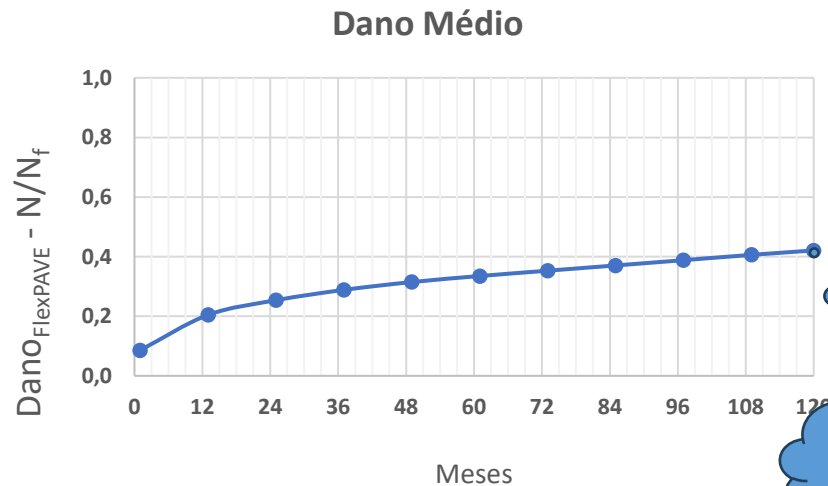
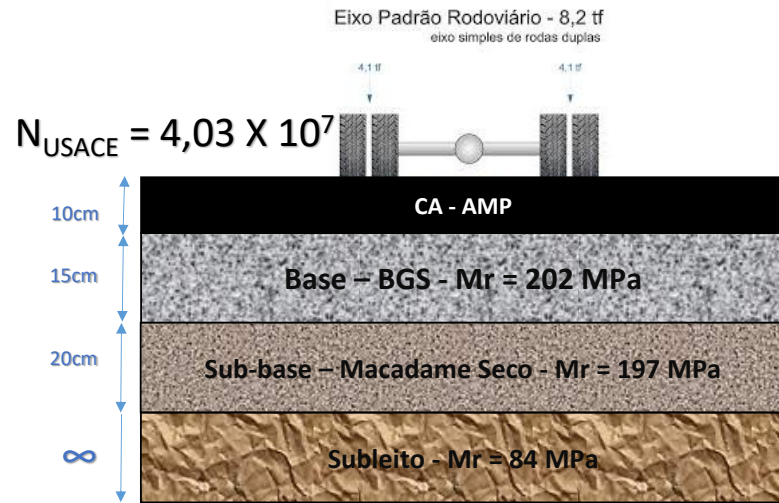
IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

- A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade
- Impactos na evolução do IRI – CA (50/70) → Modelo de Bueno (2019)



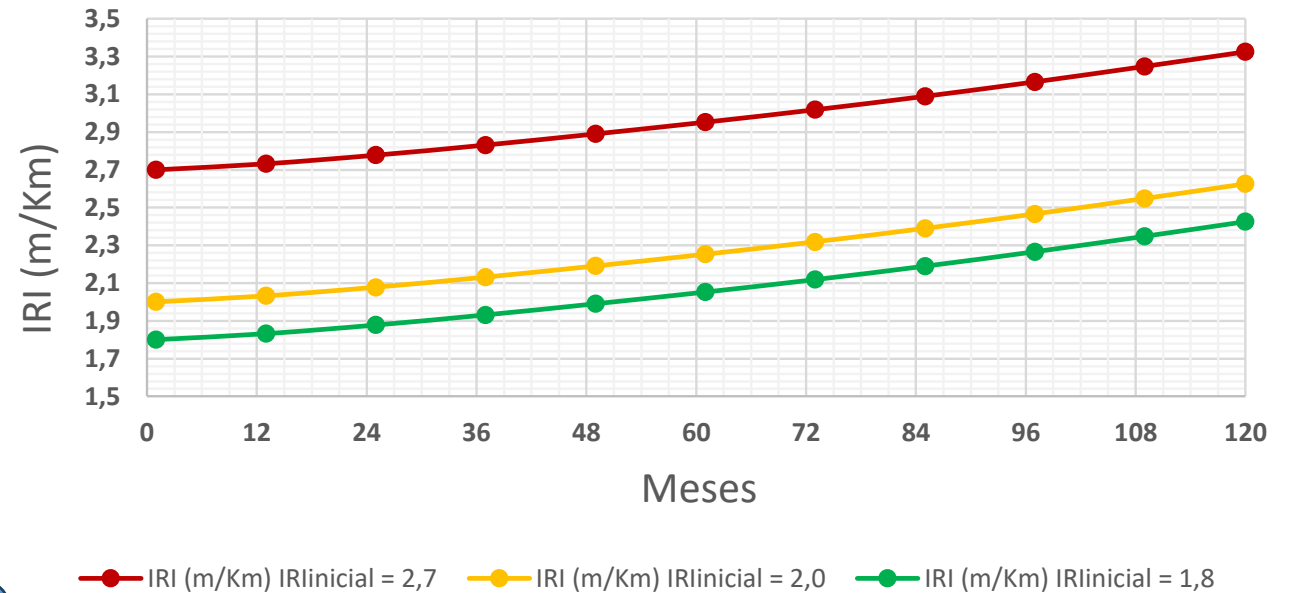
IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

- A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade
- Impactos na evolução do IRI – CA (AMP 60/85) → Modelo de Bueno (2019)



AT=30%

Previsão de Evolução do IRI



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

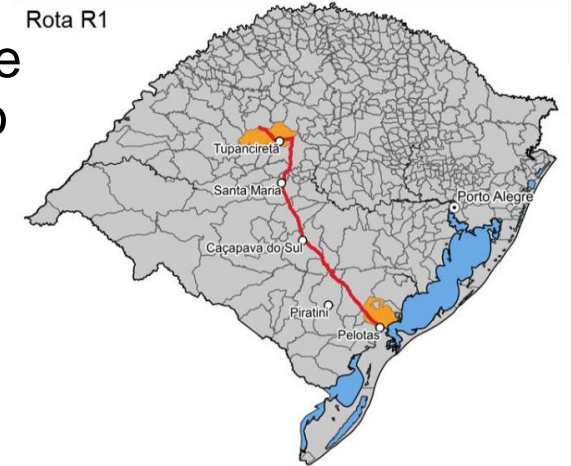
➤ A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade

➤ No transporte da Soja a Granel

SCHERER (2022): “Influência da Irregularidade Longitudinal de Pavimentos na Perda de Carga no Transporte de Soja e nos Demais Custos Operacionais”

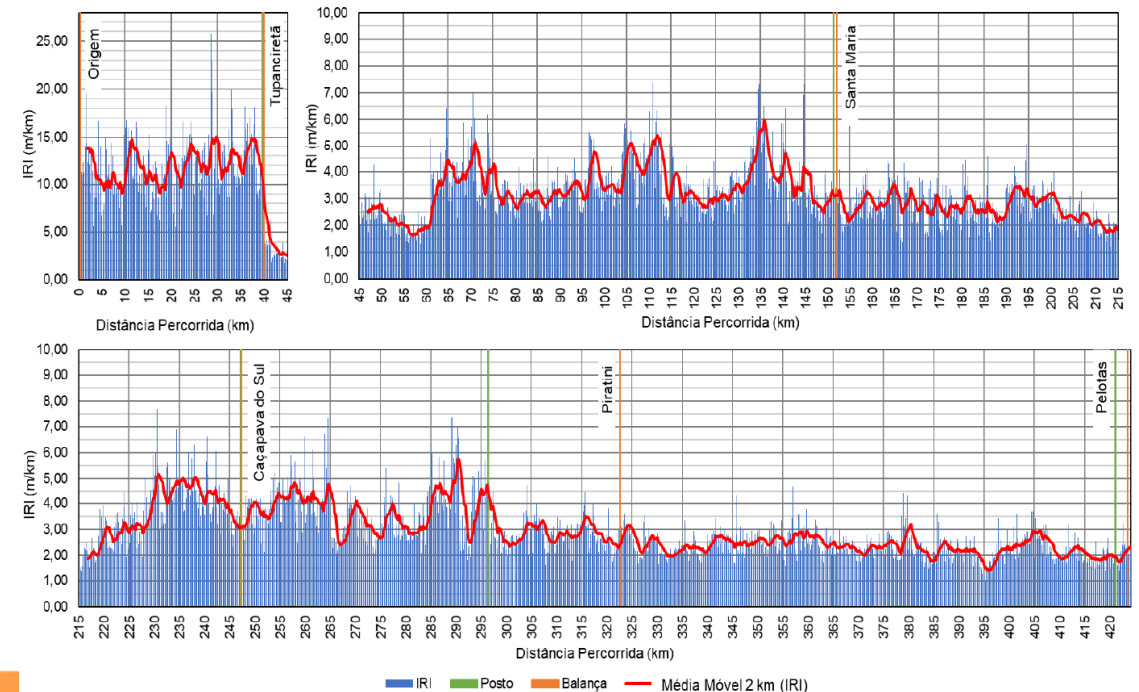


Corredor de Exportação no RS



Adaptado de: Dados do DNIT (2022)

Agradecimento ao produtor Marcos Soldera



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade

➤ No transporte da Soja a Granel

Produção Considerada (t) - 2023/24	20.190.000
Percentual destinado à exportação	77%
Produção exportada (t)	15.546.300
Percentual transportado por caminhões do produto exportado	58%
Quantidade de soja transportada por caminhões para exportação (t)	9.016.854
Cotação da saca de 60 kg de soja (R\$) - 1º semestre de 2024	140,00
Produtividade (kg/ha) - 2023/24	2.905
RSC 287 Santa Maria/RS → Tabaí/RS: (km)	214

<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/911-soja>

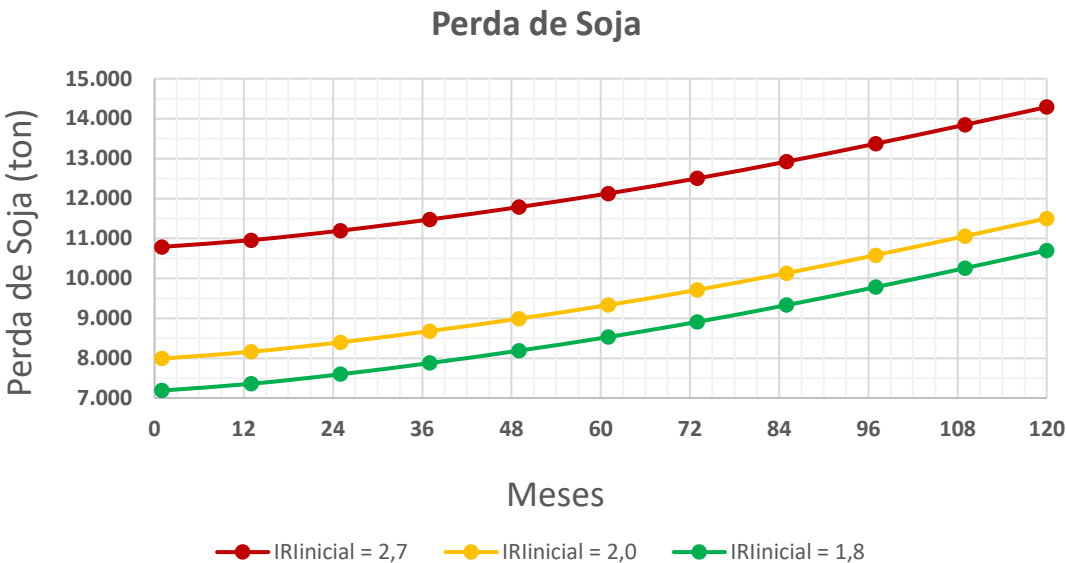
Supondo esta
quantidade transportada
nos 214 km da RSC 287

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade

➤ No transporte da Soja a Granel

➤ Solução em CA (50/70)



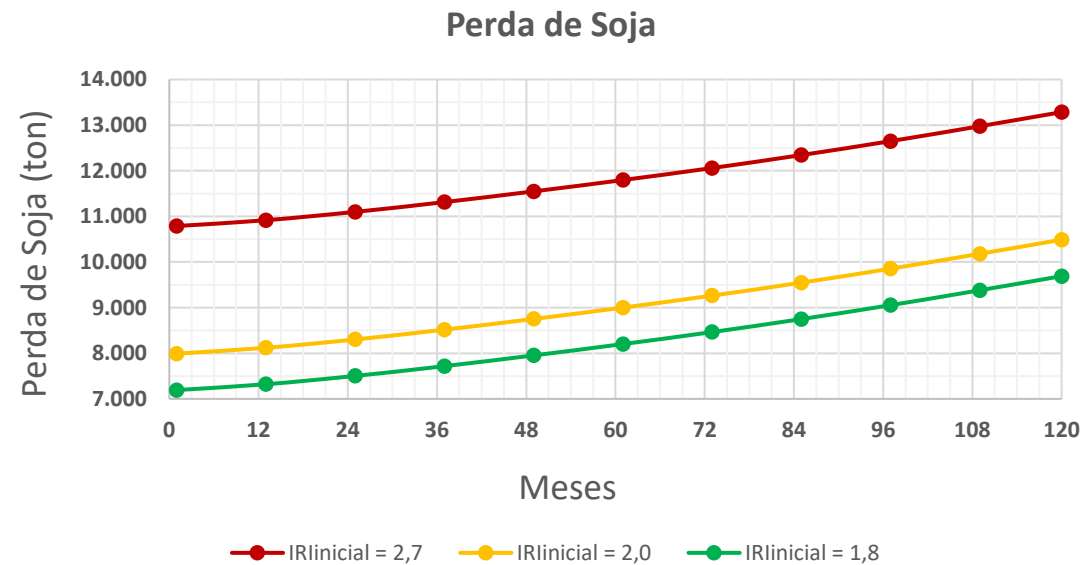
Valores Médios Anuais

	IRI inicial 2,7	IRI inicial 2,0	IRI inicial 1,8
Média Anual de Perda de Soja (t)	12.300	9.504	8.705
Média R\$ Perdidos	28.699.514	22.175.513	20.311.513
Média Área Perdida de Produção (ha)	4.234	3.272	2.997
Diferenças em relação à condição de IRI inicial = 2,7 m/Km			
Média Anual de Redução das Perdas de Soja (t)	-	2.796	3.595
Média da Redução de Perda Financeira (R\$)	-	6.524.000	8.388.001
Média Anual da Redução de Área Perdida (ha)	-	962	1.237

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade

➤ No transporte da Soja a Granel



➤ Solução em CA (**AMP 60/85**)

Valores Médios Anuais			
	IRI inicial 2,7	IRI inicial 2,0	IRI inicial 1,8
Média Anual de Perda de Soja (t)	11.889	9.093	8.294
Média R\$ Perdidos	27.740.574	21.216.574	19.352.574
Média Área Perdida de Produção (ha)	4.093	3.130	2.855
Diferenças em relação à condição de IRI inicial = 2,7 m/Km			
Média Anual de Redução das Perdas de Soja (t)	-	2.796	3.595
Média da Redução de Perda Financeira (R\$)	-	6.524.000	8.388.001
Média Anual da Redução de Área Perdida (ha)	-	962	1.237

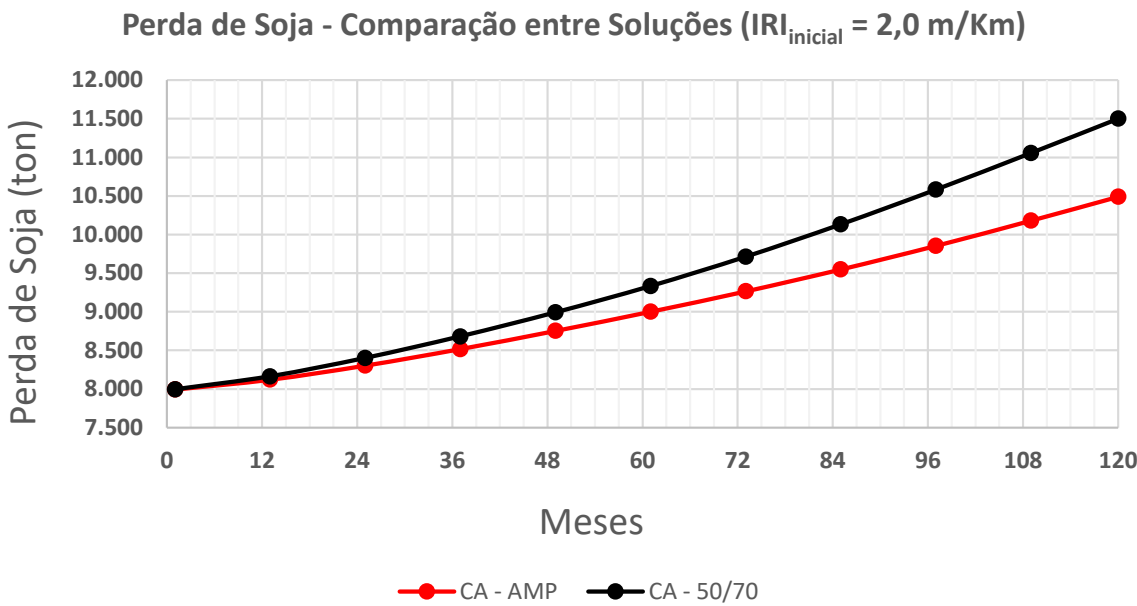
IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade

➤ No transporte da Soja a Granel

➤ Comparação entre as soluções com CA (50/70) e CA (AMP 60/85)

➤ $IRI_{inicial} = 2,0 \text{ m/Km}$



COMPARAÇÃO ENTRE SOLUÇÕES

	CA (50/70)	CA (AMP)
Média Anual de Perda de Soja (t)	9.504	9.093
Média R\$ Perdidos	22.175.513	21.216.574
Média Área Perdida de Produção (ha)	3.272	3.130
Diferenças em relação à solução com CA (50/70)		
Média Anual de Redução das Perdas de Soja (t)		411
Média da Redução de Perda Financeira (R\$)		958.939
Média Anual da Redução de Área Perdida (ha)		141

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade

➤ No consumo de Combustível

➤ RODRIGUES (2025 – em andamento): “IMPACTO DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS SOBRE O CONSUMO DE COMBUSTÍVEL E A EMISSÃO DE CO₂”

➤ Desenvolvida em parceria com ANP/Petrobras e COPPE



➤ Movimentações anuais – RSC287

	Total de movimentações
Veíc. Passeio	2.950.841
Veíc. Comerciais (caminhões)	871.071
Ônibus (considerando 40 Assentos)	8.395

➤ Emprego dos modelos de consumo do **HDM-4** → função do IRI (Modelo de Bueno, 2019)

➤ $VDM_{bidirecional} \cong 10.500$

➤ $N = 4,03 \times 10^7$ (10 anos)



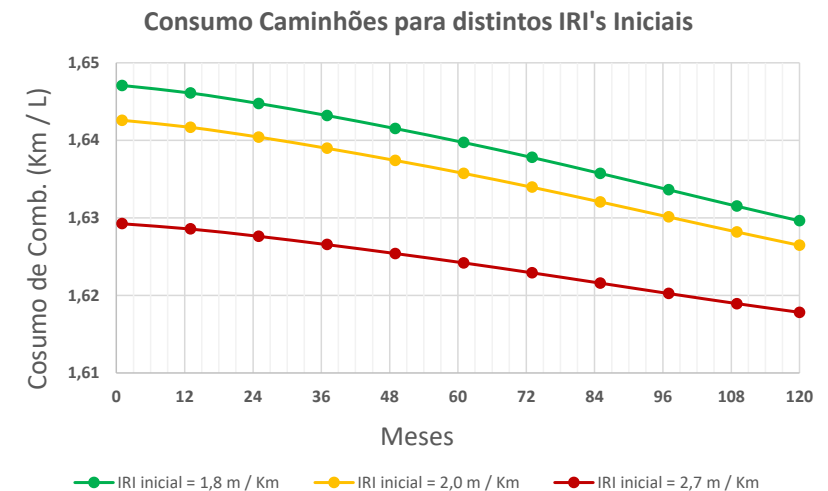
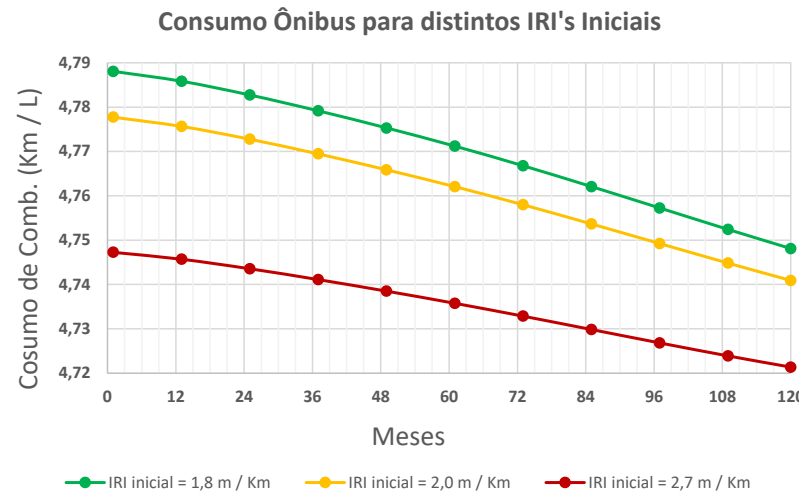
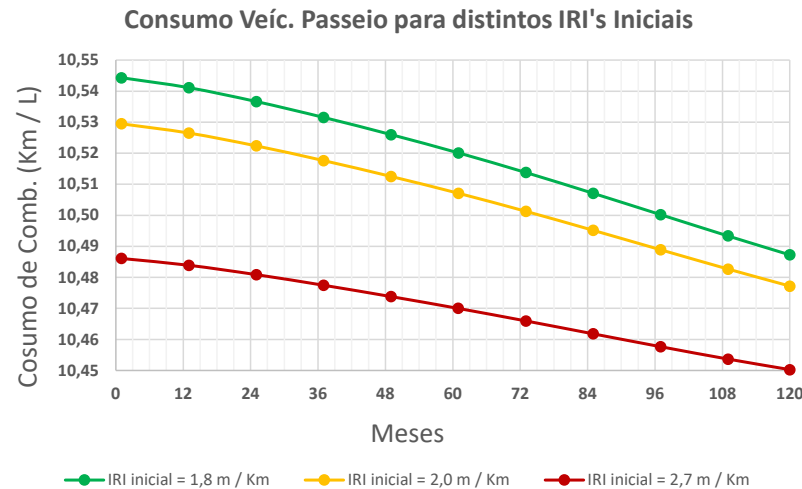
IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade

➤ No consumo de Combustível

➤ Solução com CA (50/70)

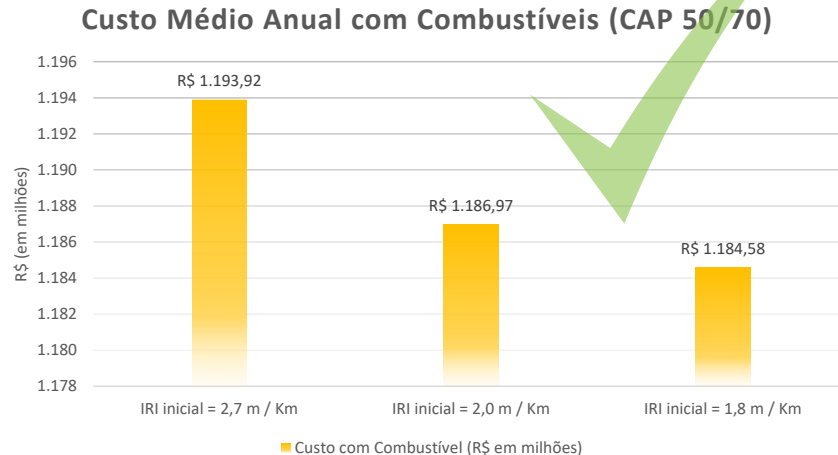
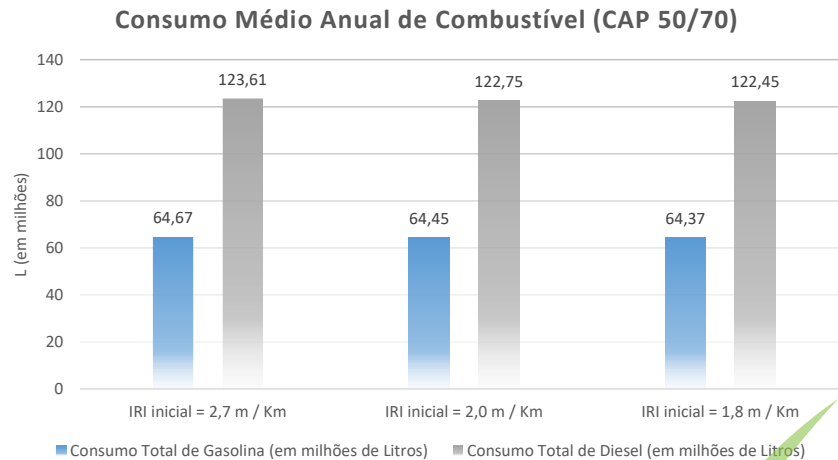
➤ Apresentando os valores de desempenho (**km/L**) e não de consumo, como na literatura (L/100km)



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade

➤ No consumo de combustível



➤ Solução com CA (50/70)

➤ Anualmente:

- Veíc. Passeio = 2.950.841
- Caminhões = 871.071
- Ônibus = 8.395

➤ Custo do Combustível (ANP 3ª Semana de Março de 2025 - Santa Maria/RS)

- Diesel Comum: R\$/L 6,42
- Gasolina Comum: R\$/L 6,19

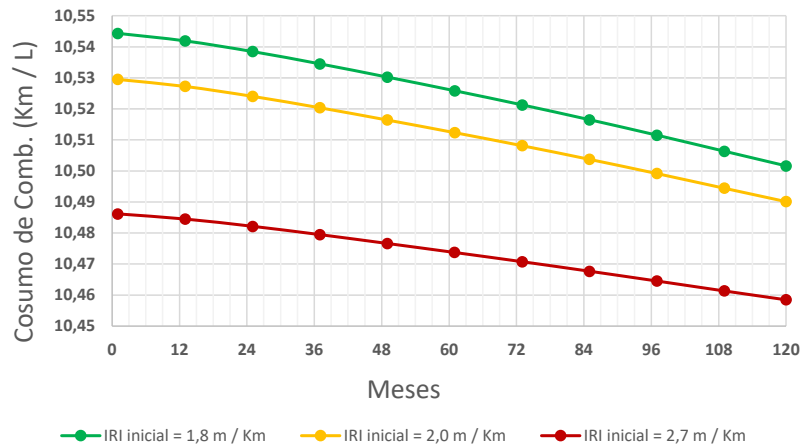
IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade

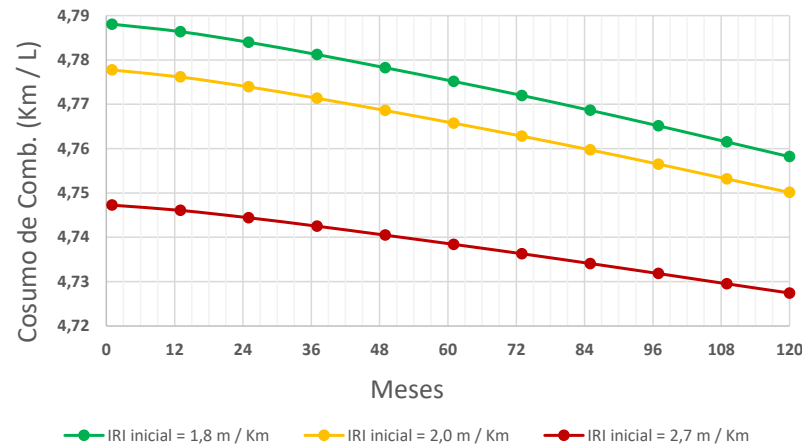
➤ No consumo de Combustível

➤ Solução com CA (**AMP 60/85**)

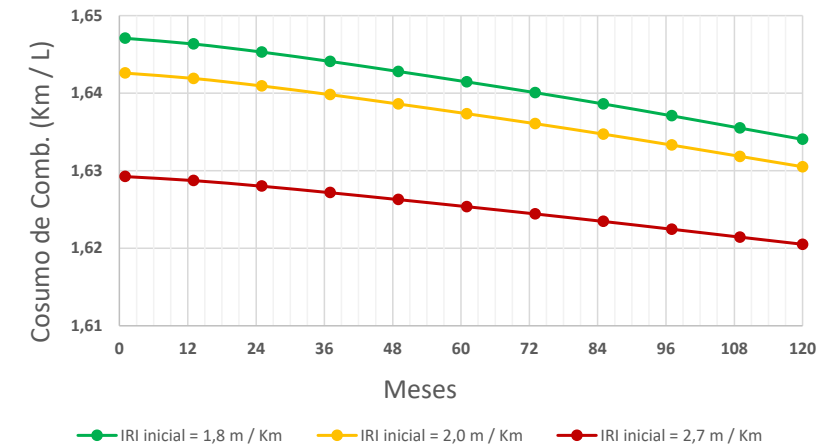
Consumo Veíc. Passeio para distintos IRI's Iniciais



Consumo Ônibus para distintos IRI's Iniciais



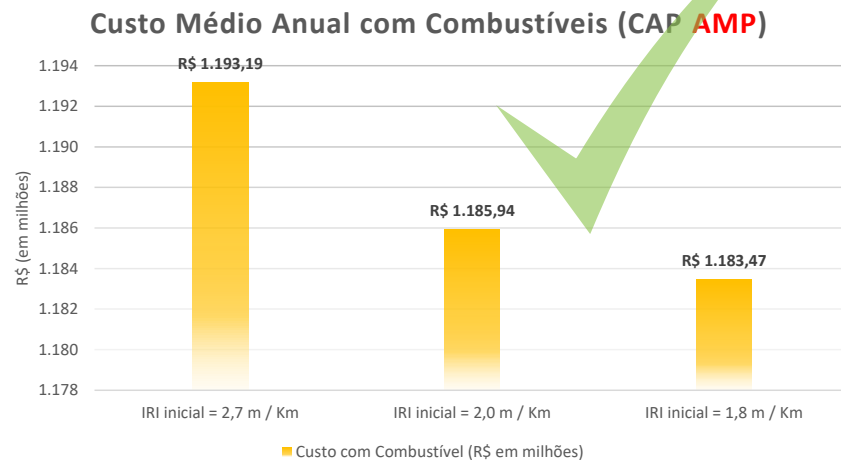
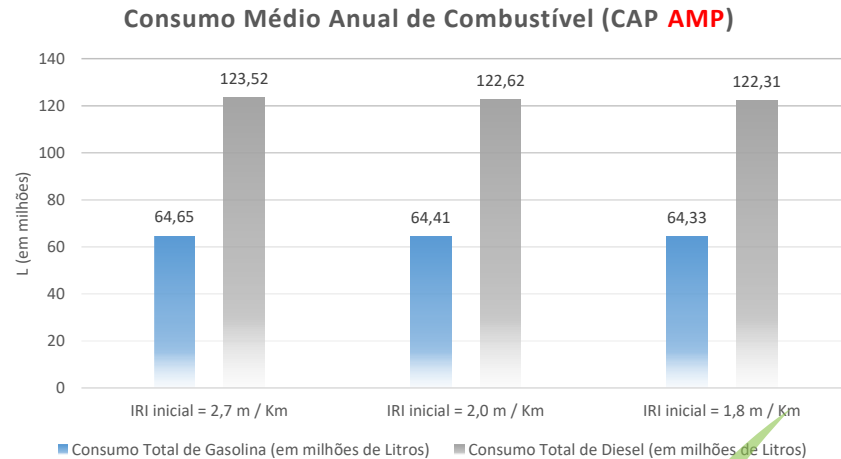
Consumo Caminhões para distintos IRI's Iniciais



IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade

➤ No consumo de combustível



➤ Solução com CA (**AMP 60/85**)

- Anualmente:
- Veíc. Passeio = 2.950.841
- Caminhões = 871.071
- Ônibus = 8.395

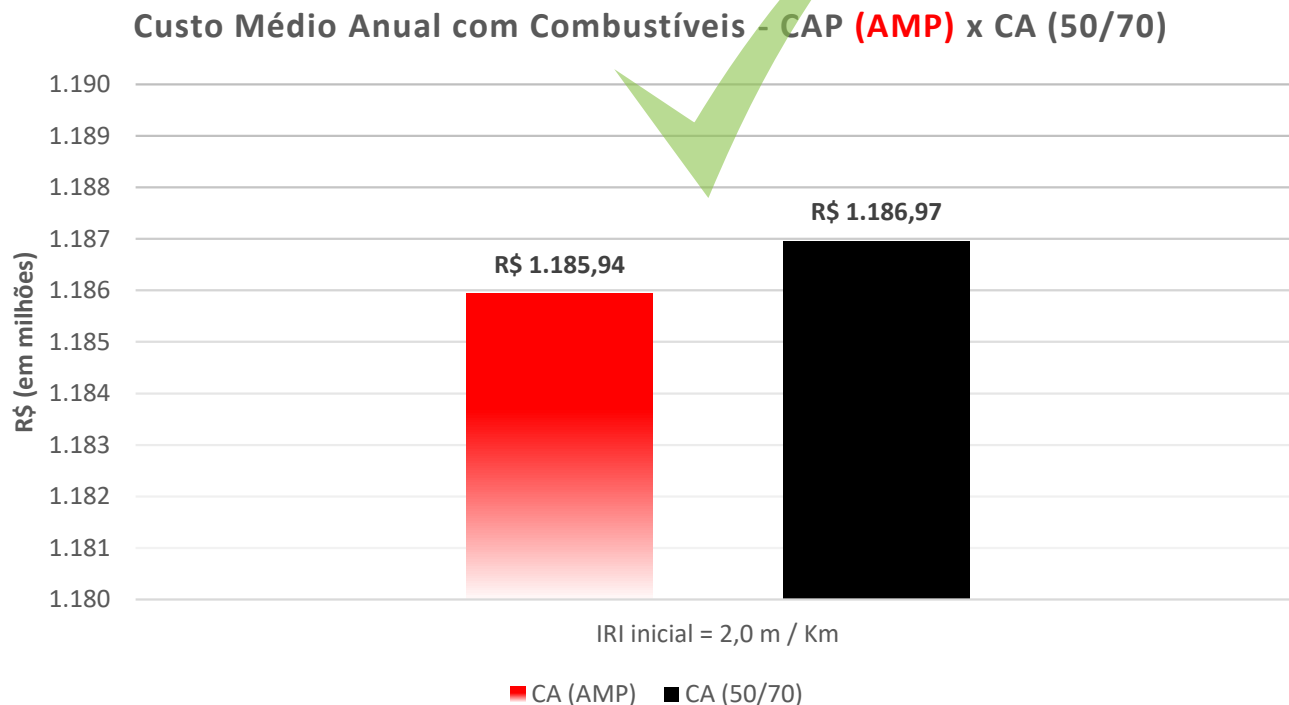
➤ Custo do Combustível (ANP 3ª Semana de Março de 2025 - Santa Maria/RS)

- Diesel Comum: R\$/L 6,42
- Gasolina Comum: R\$/L 6,19

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade

➤ No consumo de combustível



➤ Comparação entre soluções de CA (50/70) e CA (AMP 60/85)

➤ Anualmente:

➤ Veíc. Passeio = 2.950.841

➤ Caminhões = 871.071

➤ Ônibus = 8.395

➤ Custo do Combustível (ANP 3ª Semana de Março de 2025 - Santa Maria/RS)

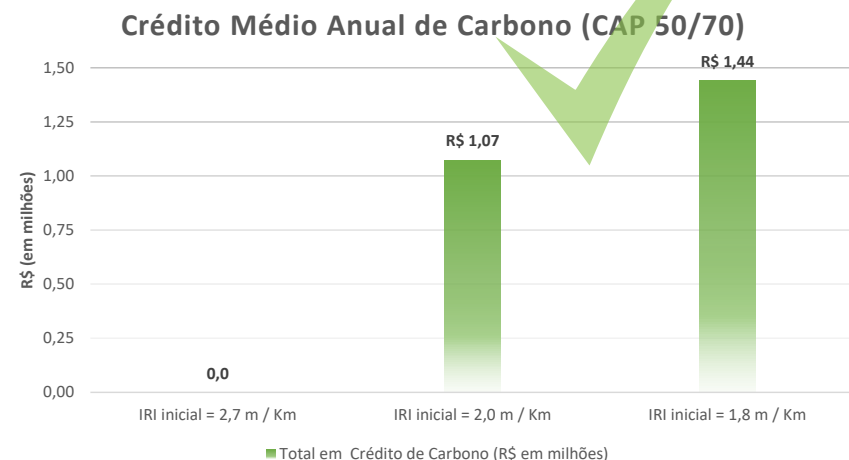
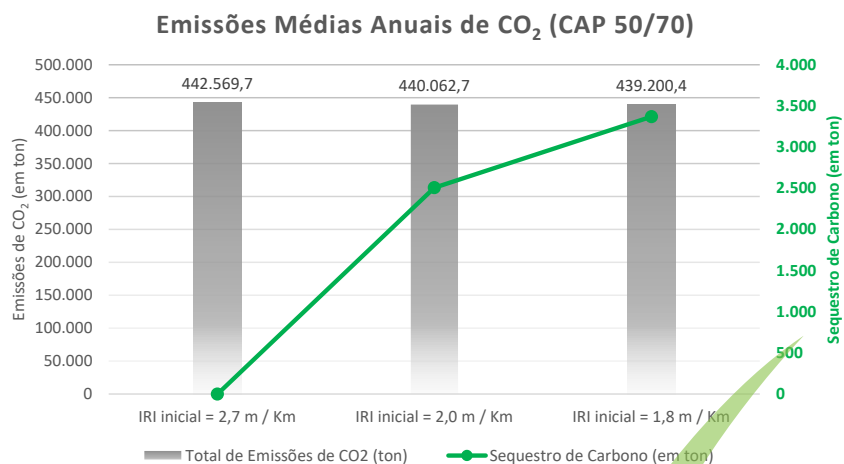
➤ Diesel Comum: R\$/L 6,42

➤ Gasolina Comum: R\$/L 6,19

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade

➤ Nas emissões de CO₂



➤ Solução com CA (50/70)

➤ Anualmente:

➤ **Veíc. Passeio = 2.950.841**

➤ **Caminhões = 871.071**

➤ **Ônibus = 8.395**

➤ Modelos de Emissões de CO₂

➤ **Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006)**

➤ **Machado (2017)**

➤ **Diesel: 2,22 kg CO₂ / L**

➤ **Gasolina: 2,60 kg CO₂ / L**

➤ Crédito de Carbono (em 28/03/2025)

➤ <https://carboncredits.com/carbon-prices-today/>

➤ **€ 69,09 por ton de CO₂**

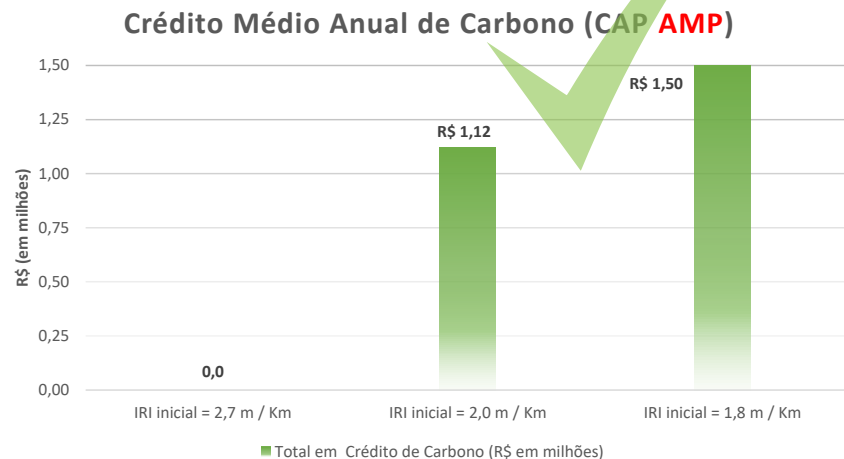
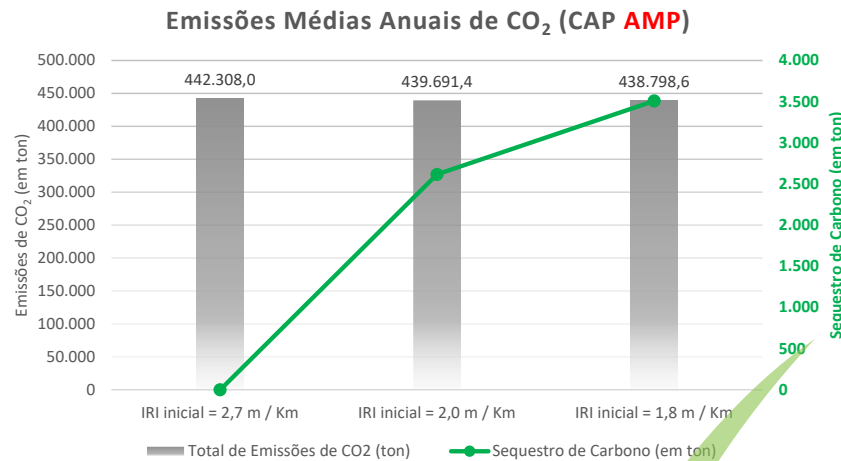
➤ **Câmbio para R\$: 6,20**

➤ **1 Crédito Carbono = R\$ 428,36**

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ A Vida em Serviço dos Pavimentos e a Sustentabilidade

➤ Nas emissões de CO₂



➤ Solução com CA (AMP 60/85)

- Anualmente:
- Veíc. Passeio = 2.950.841
- Caminhões = 871.071
- Ônibus = 8.395

➤ Modelos de Emissões de CO₂

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006)
- Machado (2017)
- Diesel: 2,22 kg CO₂ / L
- Gasolina: 2,60 kg CO₂ / L

➤ Crédito de Carbono (em 28/03/2025)

- <https://carboncredits.com/carbon-prices-today/>
- € 69,09 por ton de CO₂
- Câmbio para R\$: 6,20
- 1 Crédito Carbono = R\$ 428,36

IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DE PAVIMENTOS

➤ Considerações Finais

Irregularidade Longitudinal de Pavimentos (*IRI*)

Previsão do desempenho do pavimento funcional na fase de Projeto

Possibilitará análises mais completas para a tomada de decisão

Benefícios Sociais

Retorno Financeiro

Emissões de CO₂



· · Agradecemos pelo apoio às pesquisas!



dsp@ufsm.br

lucas.bueno@ufsm.br

DNIT

