

ECONOMIA CIRCULAR: NOVOS MATERIAIS PARA CAMADAS DE BALASTRO E SUB-BALASTRO

P+D EM MATERIAIS E TECNOLOGIAS DE CONSTRUÇÃO E
MANUTENÇÃO PARA INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA

Antonio Galindo, pesquisa e desenvolvimento, COMSA

10°
CRP

CONGRESSO
RODOFERROVIÁRIO
PORTUGUÊS

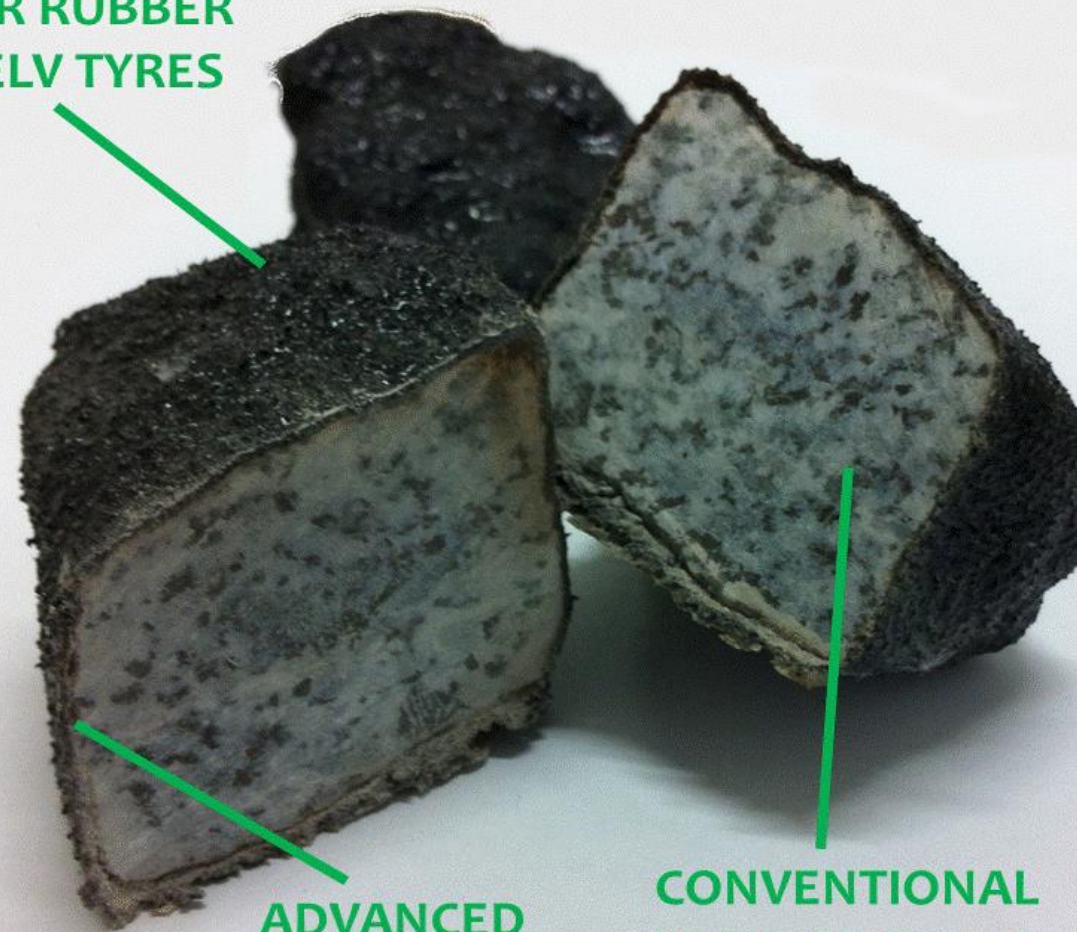
*Inovação Sustentável para a Garantia
da Disponibilidade em Infraestruturas
de Transporte (Ferrovia)*

**ECONOMIA CIRCULAR: NOVOS
MATERIAIS PARA CAMADAS DE
BALASTRO E SUB-BALASTRO**



neoballast®

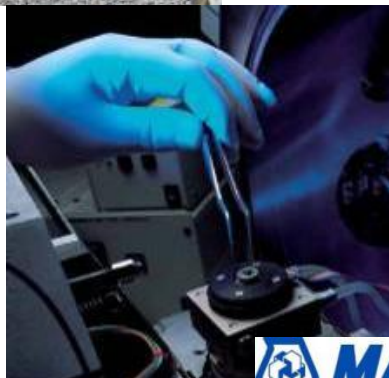
**POWDER RUBBER
FROM ELV TYRES**



**ADVANCED
BINDER**

**CONVENTIONAL
BALLAST STONE**

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS



PRODUTOS QUÍMICOS

neoballast®



OBJETIVO

Lastro otimizado para maior durabilidade e
atenuação de ruído e vibração



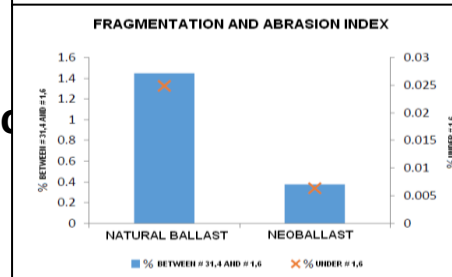
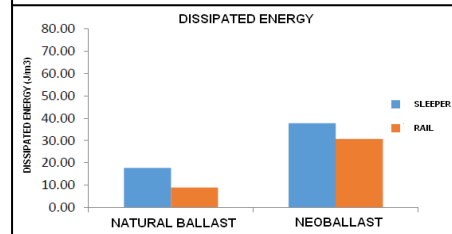
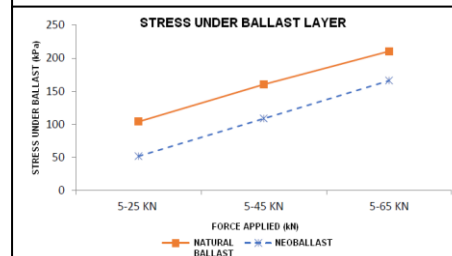
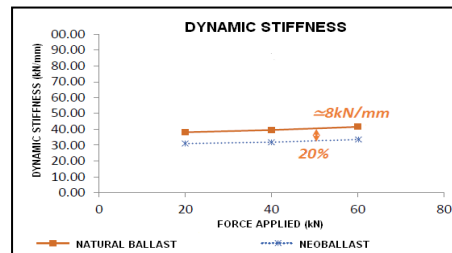
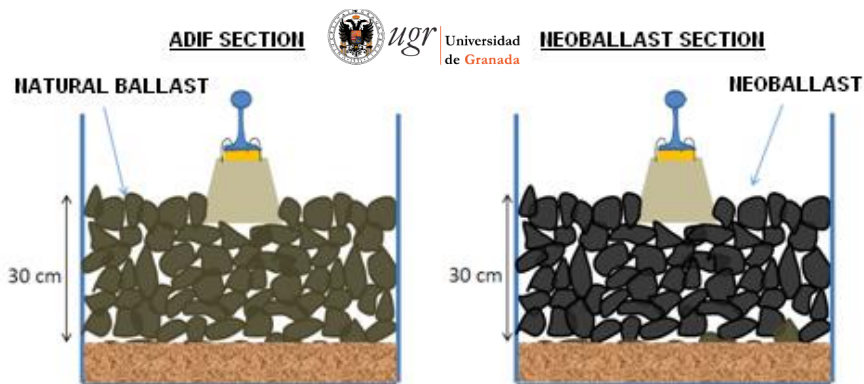
CAMPO
ACADÊMICO



ADMINISTRADOR
FERROVIÁRIO



TESTES DINÂMICOS: SIMULAÇÃO EM ESCALA REAL

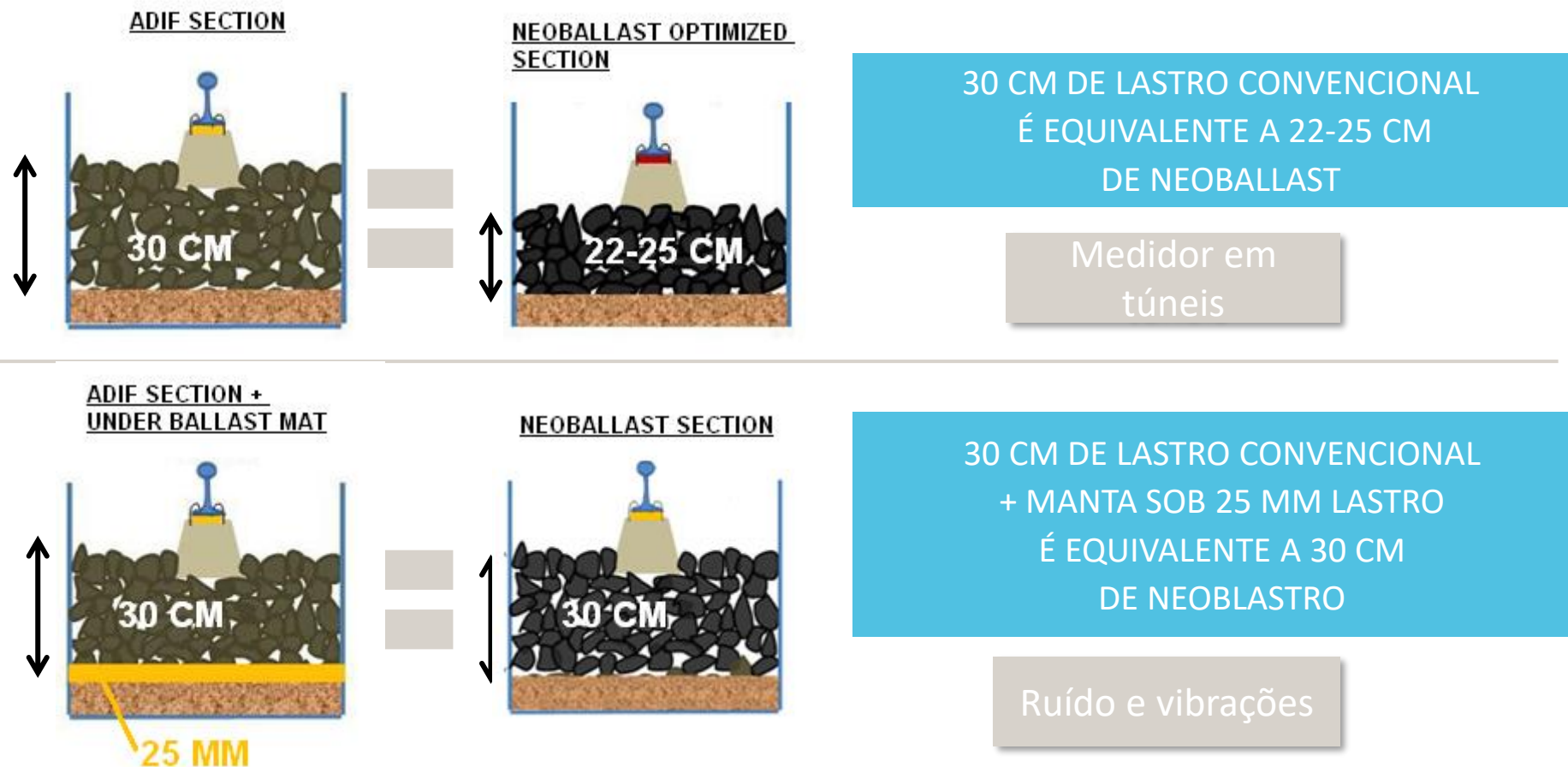


REDUÇÃO DE 20% NA RIGIDEZ GLOBAL

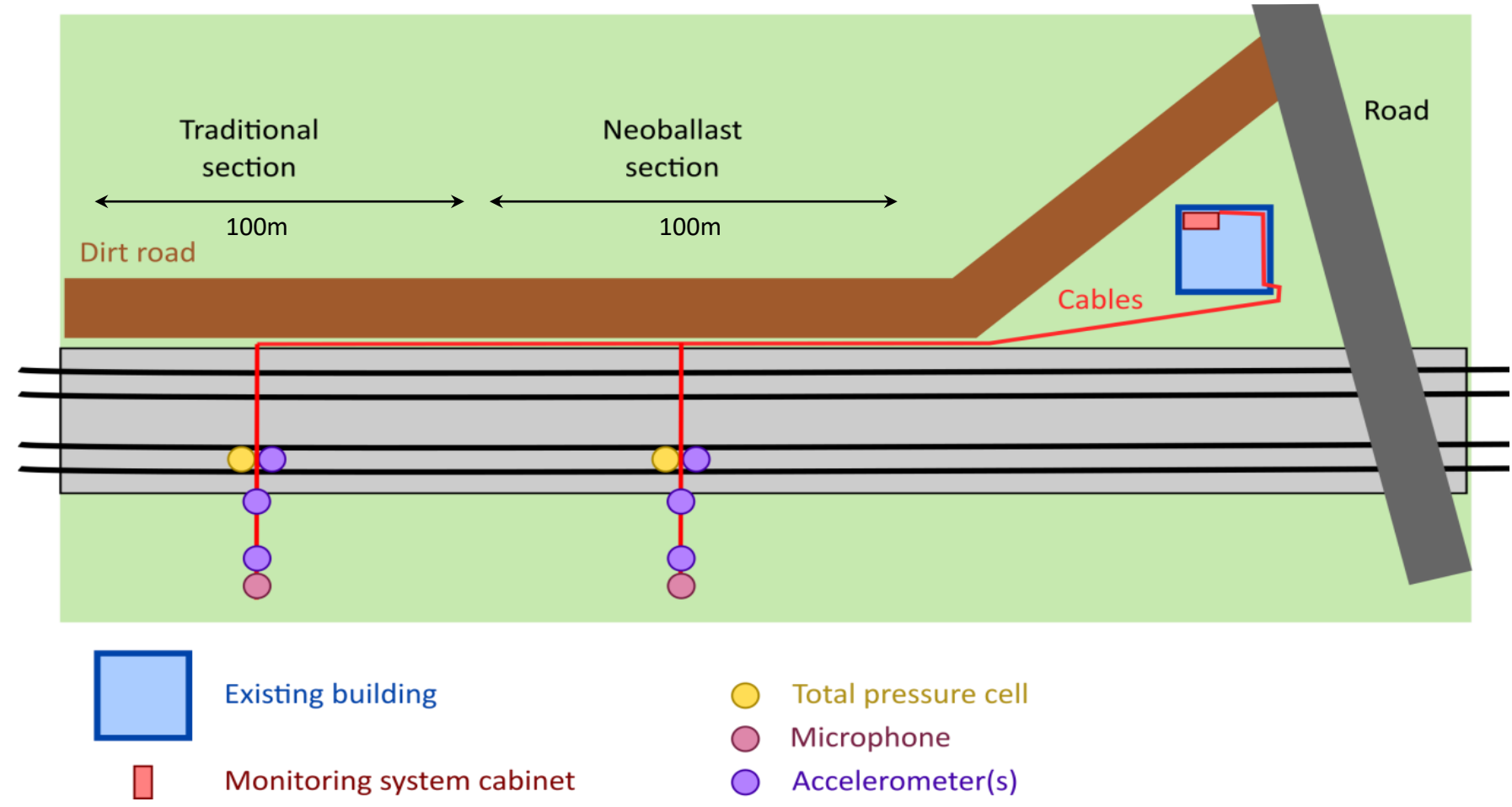
25% DE REDUÇÃO DE STRESS SOB A CAMADA DE LASTRO

54% MAIS ENERGIA DISSIPADA

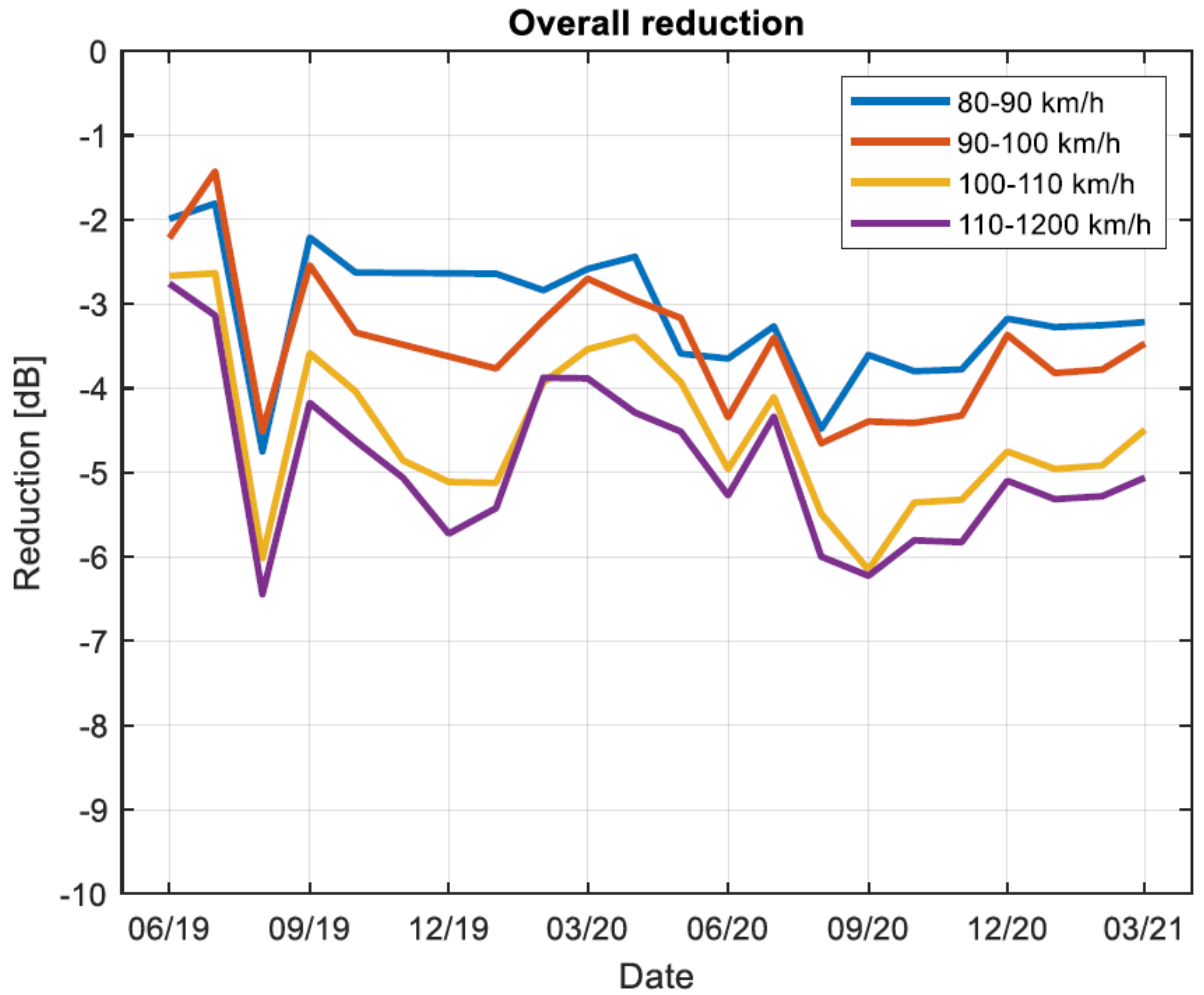
70% MENOS DE DEGRADAÇÃO

TESTES DINÂMICOS:
SIMULAÇÃO EM ESCALA REAL

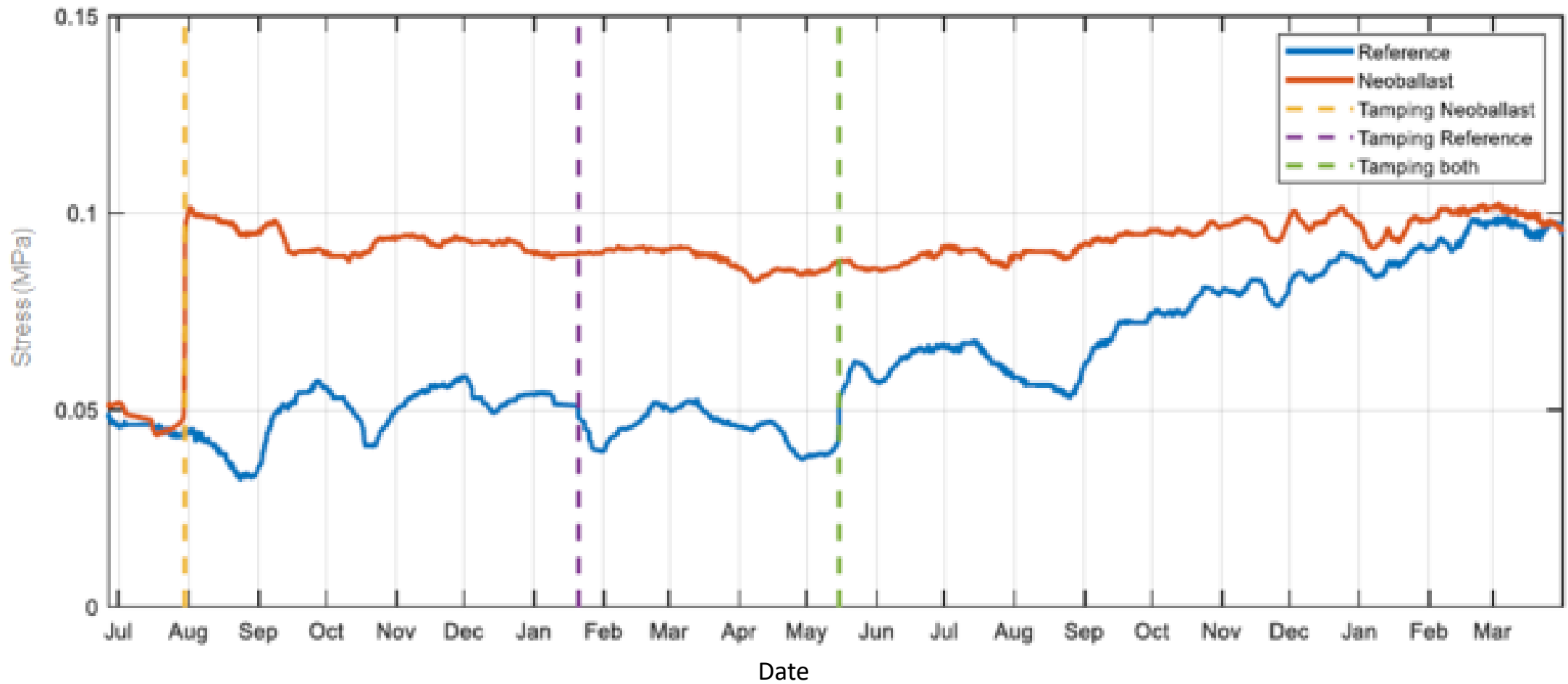
TESTE DE CAMPO NA LINHA ADIF | ESTRATÉGIA DE MONITORIZAÇÃO



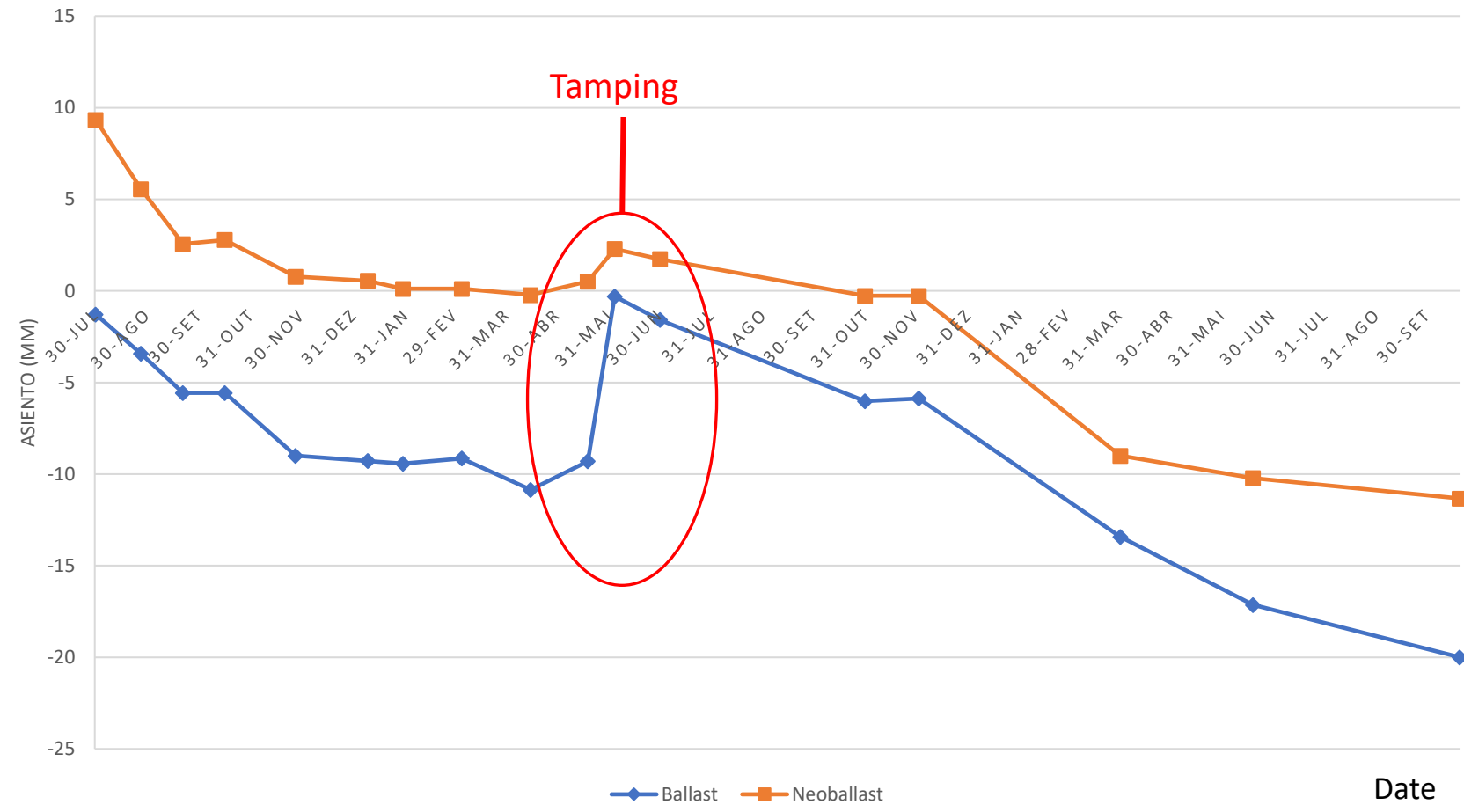
VIBRAÇÕES



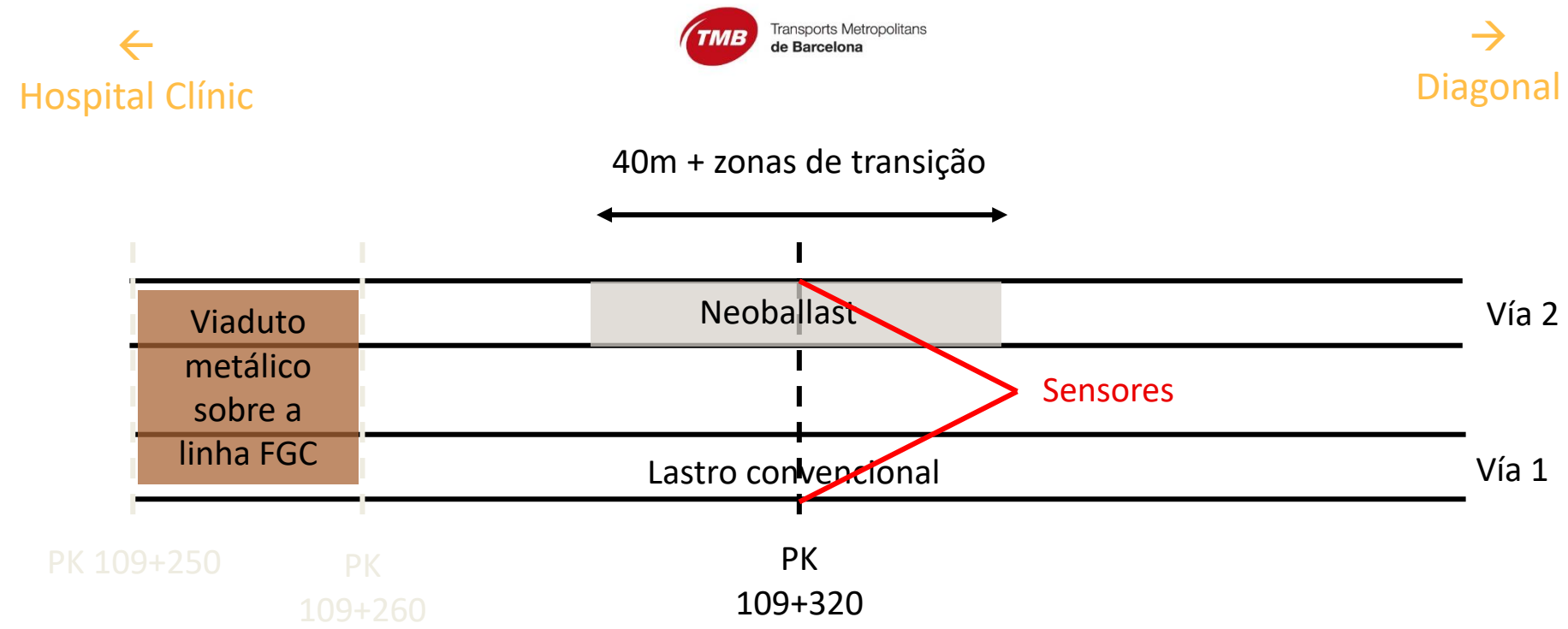
DEGRADAÇÃO / TENSÃO DA FAIXA



ASSENTAMENTO DE VIA

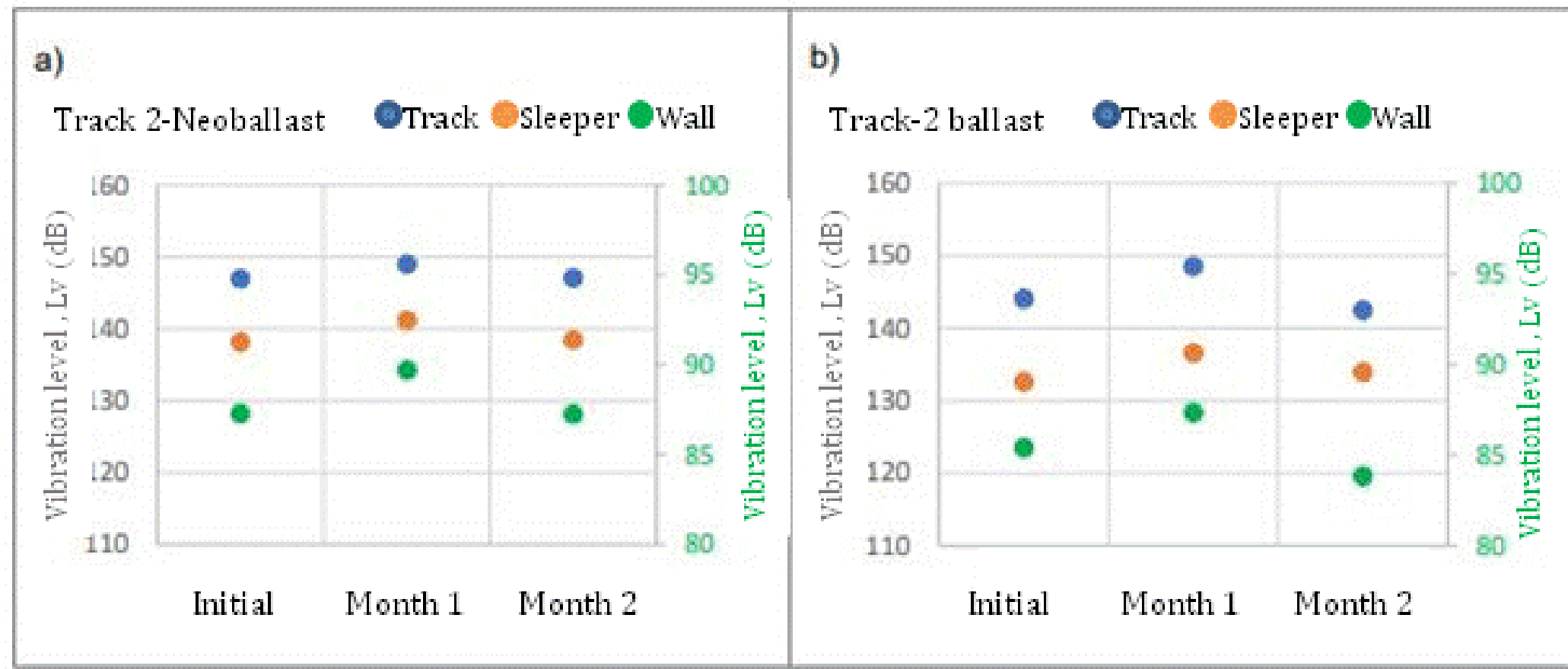


TESTE DE CAMPO NO METRO DE BARCELONA | DESCRIÇÃO DO TESTE



* Este troço do túnel tem apenas 20 cm de lastro sob travessas em ambas as vias.

EVOLUÇÃO DO NÍVEL DE VIBRAÇÃO



EVOLUÇÃO DOS NÍVEIS DE VIBRAÇÃO E EFICÁCIA DA VIA

	Vibration level in the wall, Lv (dB)			
	Before renewal	After renewal		
		Initial	M1_Aug20	M2_Oct20
Track 1 – Ballast	98.3	85.4	87.4	83.9
ΔdB		-12.9	-10.9	-14.4
Track 2 – Neoballast	105.1	87.3	89.7	87.3
ΔdB		-17.8	-15.4	-17.8
Neoballast vs ballast		-4.9	-4.5	-3.4

APLICAÇÃO





Agregado de aço para
sublastro e camada de forma



PROCESSO DE OBTENÇÃO DE AGREGADO DE AÇO



Horno de arco eléctrico



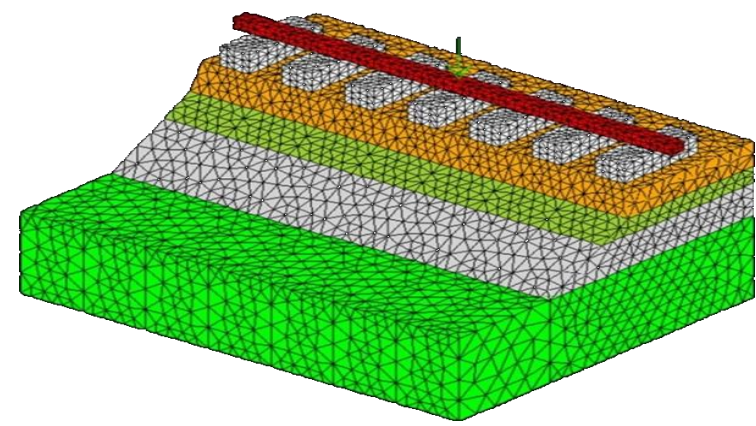
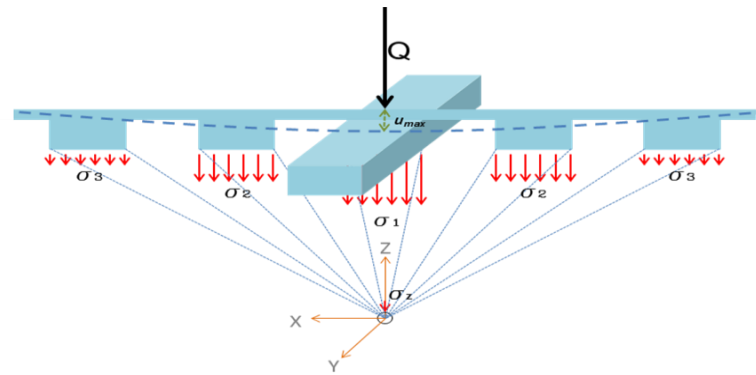
Planta de valorización



Árido (SFS-Rail)

SOFTWARE DESENVOLVIDO

- **Modelo** para prever o assentamento da via, distribuição de tensões e deflexão do trilho.
- **Calibração do software** com os resultados do monitoramento dos testes de campo.
- **Otimização do projeto das camadas do leito** da via de acordo com propriedades particulares do SFS-Rail.
- Confecção de **um catálogo de soluções de via para construção e manutenção** de ferrovias utilizando SFS-Rail.



SECÇÃO DE TESTES

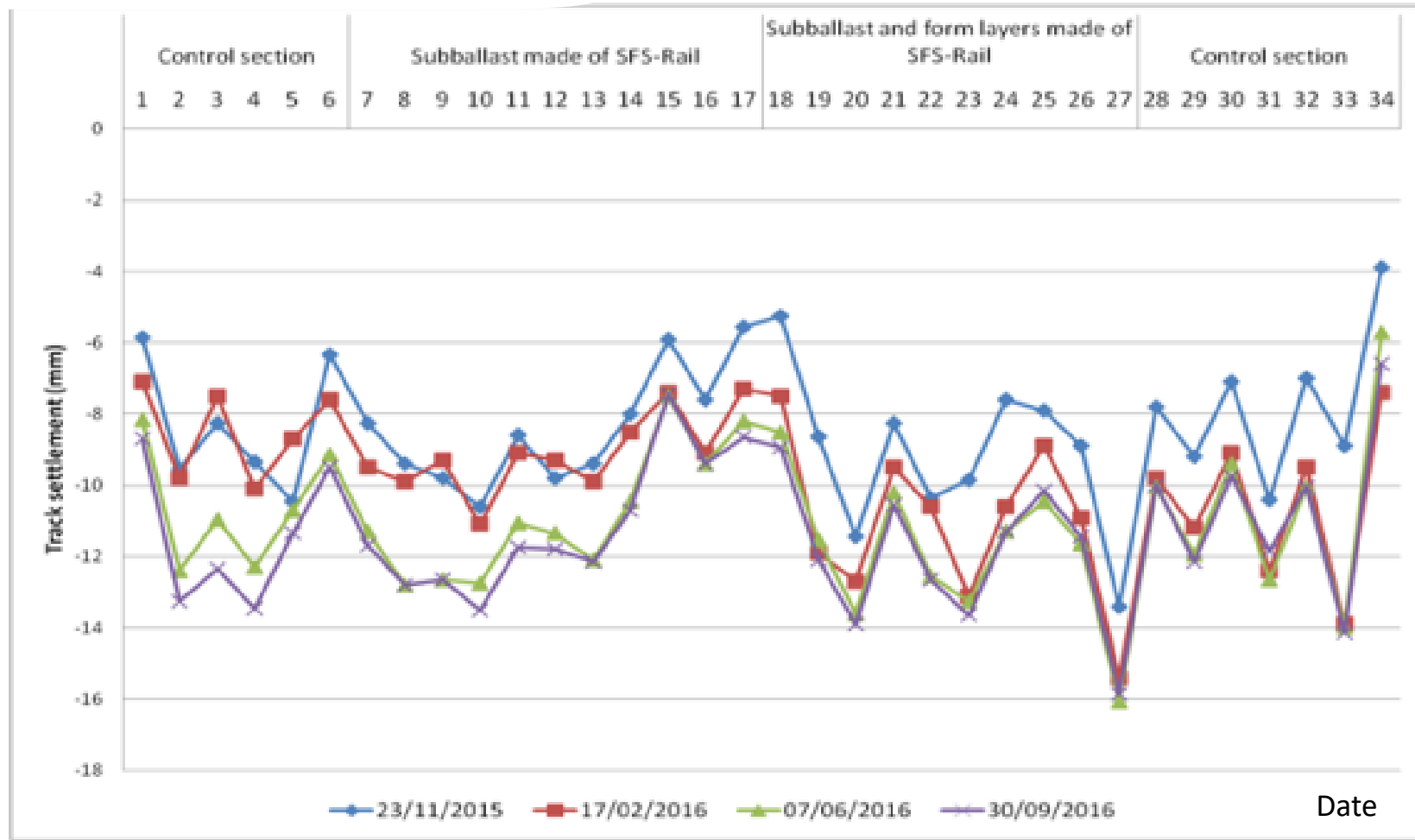
- Linha de tráfego misto ADIF em Castellbisbal (Barcelona).
- Foram analisadas três secções:
 - 1. Sub-balastro e camada moldada com escória.**
 - 2. Subcamada de lastro com escória** (camada de forma agregada convencional)
 - 3. Secção de controlo**, com agregados convencionais em ambas as camadas.

Medição de:

- Assento
- Tensão sob a camada de sub-balastro e forma
- Deflexão instantânea da via



ASSENTAMENTO GERAL DA VIA



RESULTADOS E CONCLUSÕES

- ✓ Assentamento geral da via < 30 mm
- ✓ Tensões < 0,15 Mpa
- ✓ Deflexão do trilho < 2 mm
- ✓ O uso de escória em camadas de leito ferroviário é reconhecido por **regulamentos** (normas EN, código UIC, etc.)
- ✓ Os agregados de aço devem **satisfazer**:
 - ✓ Mesmos limites dos agregados convencionais
 - ✓ Critérios de Expansão
 - ✓ Teste de lixiviado
- ✓ A escória de ferro e aço oferece **vantagens técnicas e ambientais** :
 - ✓ Alta resistência à abrasão
 - ✓ Boa interação entre as partículas
 - ✓ Menos afetado pela erosão e ataques químicos
 - ✓ Redução do impacto ambiental

✓ Cumprido pela
escória

BIRBALAS

- ✓ Desenvolvimento e validação de produtos de lastro e sublastro ferroviário de agregados de ferro e aço recuperados de aciarias de fornos elétricos a arco (400.000 toneladas por ano somente no País Basco).
- ✓ Seção de teste em Derio (Bizkaya) na linha Txorierrri, entre PK 8+600 e PK 8+700. Tem um comprimento de 100 m (incluindo 3 seções com diferentes dosagens de escória nas camadas de lastro e sublastro).
- ✓ Bom comportamento. Análise de assentamento e vibração em andamento.



sidenor elinfe saitec engineering COMSA
Con la colaboración de: tecnalia et

BIRBALAS



Recolha para as misturas das diferentes dosagens

BIRBALAS



Acclerómetros instalados na secção de teste em Derio (Vizcaya)

ECONOMIA CIRCULAR: NOVOS MATERIAIS PARA CAMADAS DE BALASTRO E SUB-BALASTRO

P+D EM MATERIAIS E TECNOLOGIAS DE CONSTRUÇÃO E
MANUTENÇÃO PARA INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA

Antonio Galindo, pesquisa e desenvolvimento, COMSA

FUNCIONALIZAÇÃO DE MISTURA BETUMINOSA PARA FOTOCATÁLISE ATRAVÉS DE PULVERIZAÇÕES SUCESSIVAS

AMBIENTE: SUSTENTABILIDADE E RESILIÊNCIA

Cátia Afonso, Iran Rocha Segundo, Orlando Lima Jr., Elisabete Freitas,
Natália Homem, Salmon Landi Jr. e Joaquim Carneiro

Estrutura da Apresentação

- Introdução
- Materiais
- Preparação da amostra (Imobilização das Partículas)
- Avaliação do processo de imobilização das partículas
- Microscopia Eletrónica de Varredura (SEM) da solução de partículas
- Eficiência Fotocatalítica
- Ângulo de contacto com a água (Molhabilidade)
- Conclusões

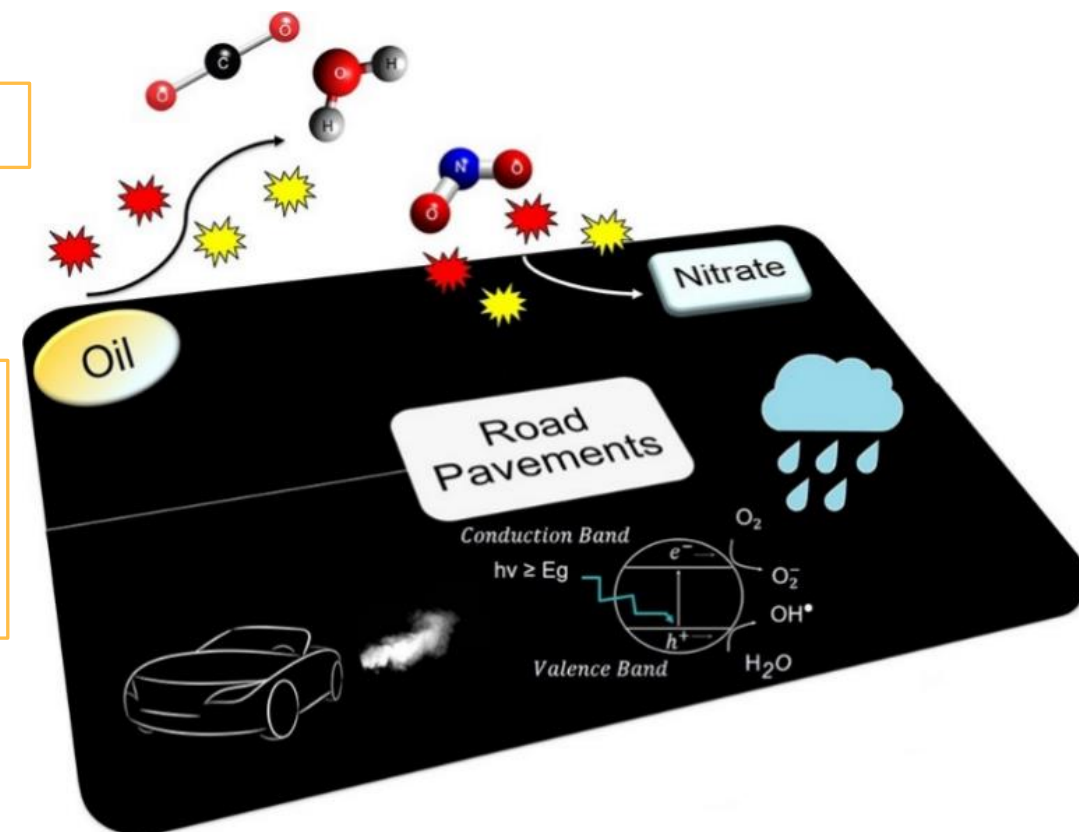
Introdução

- Investigação financiada pelo projeto NanoAir PTDC/FISMAC/6606/2020

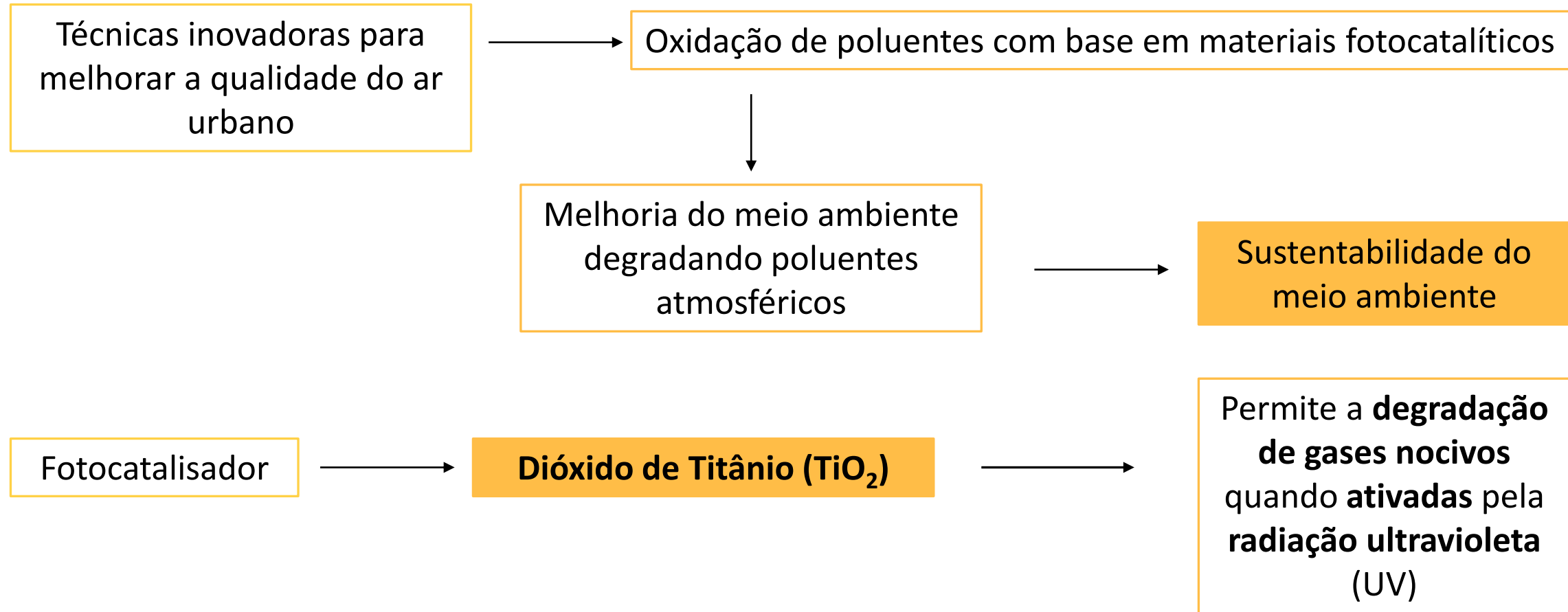
Poluição atmosférica

Problemas Ambientais

- Óxidos de azoto (NO_x): Óxido Nítrico (NO) e Dióxido de Azoto (NO₂)
- Compostos de Enxofre
- Moléculas de Oxigénio



Introdução



Introdução

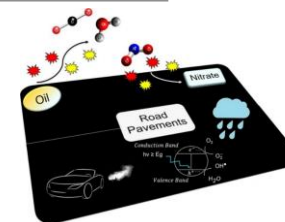
- Atrito do pavimento em níveis seguros;

A presença de **água, gelo e neve** sobre a superfície **reduz drasticamente o atrito**;

- Drenar** ou repelir a água superficial
- Remover/evitar** o gelo e a neve

Através da **capacidade super-hidrofóbica** com aplicação de partículas como **TiO₂**

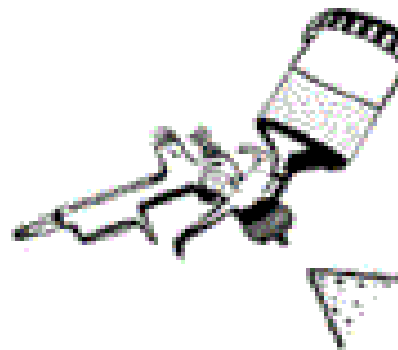
Ângulo de contacto de água elevado (superior a 150°)



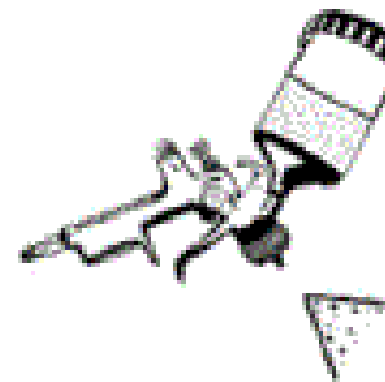
Materiais



Sucessivos
revestimentos
por pulverização
sobre AC 10
convencional e
reciclada (30% de
fresado)



1º. resina epóxi
diluída



2º. Solução de
partículas
designada por BS



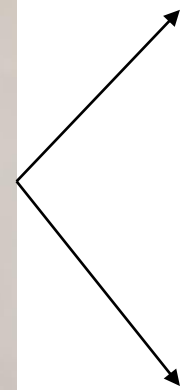
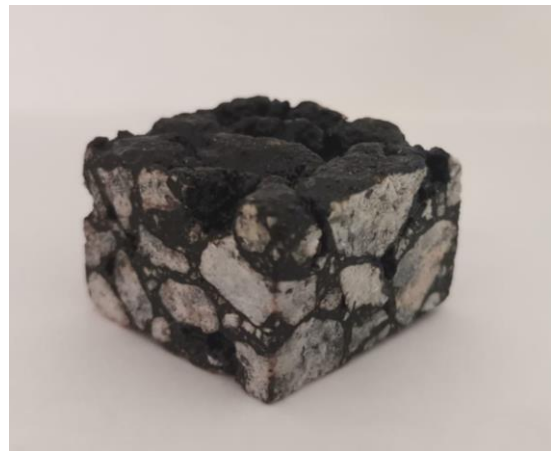
4 g/L de nano-
TiO₂ e 4 g/L de
micro-
politetrafluoreto
ileno (micro-
PTFE) em
álcool etílico

Preparação da amostra (Imobilização das Partículas)

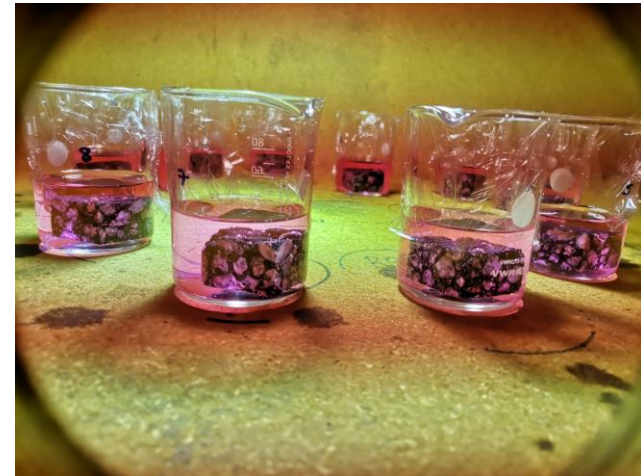
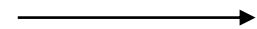
Quadro 1: Nome das amostras para a imobilização da melhor solução (BS).

Mistura	Amostra	Resina Diluída (mg/cm ²)	BS (mL/cm ²)
R (referência)	R 0,25g	0,10	-
	R 0,25g-BS	0,10	8
	R 0,5g	0,20	-
	R 0,5g-BS	0,20	8
F (Com RAP)	F 0,25g	0,10	-
	F 0,25g-BS	0,10	8
	F 0,5g	0,20	-
	F 0,5g-BS	0,20	8

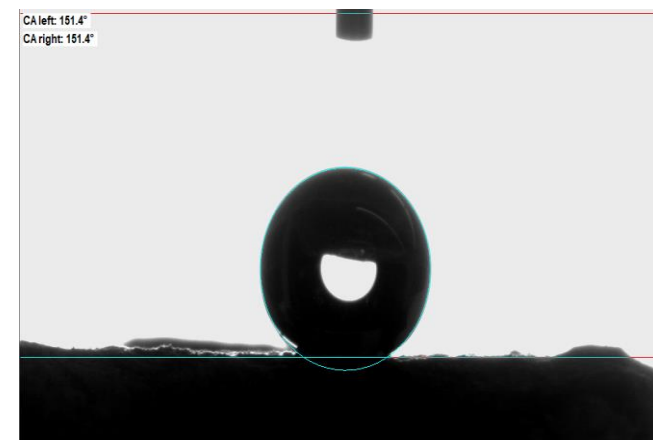
Avaliação do processo de imobilização das partículas



Eficiência Fotocatalítica



Ângulo de Contacto com a água (AC)



Microscopia Eletrónica de Varredura (SEM) da solução de partículas

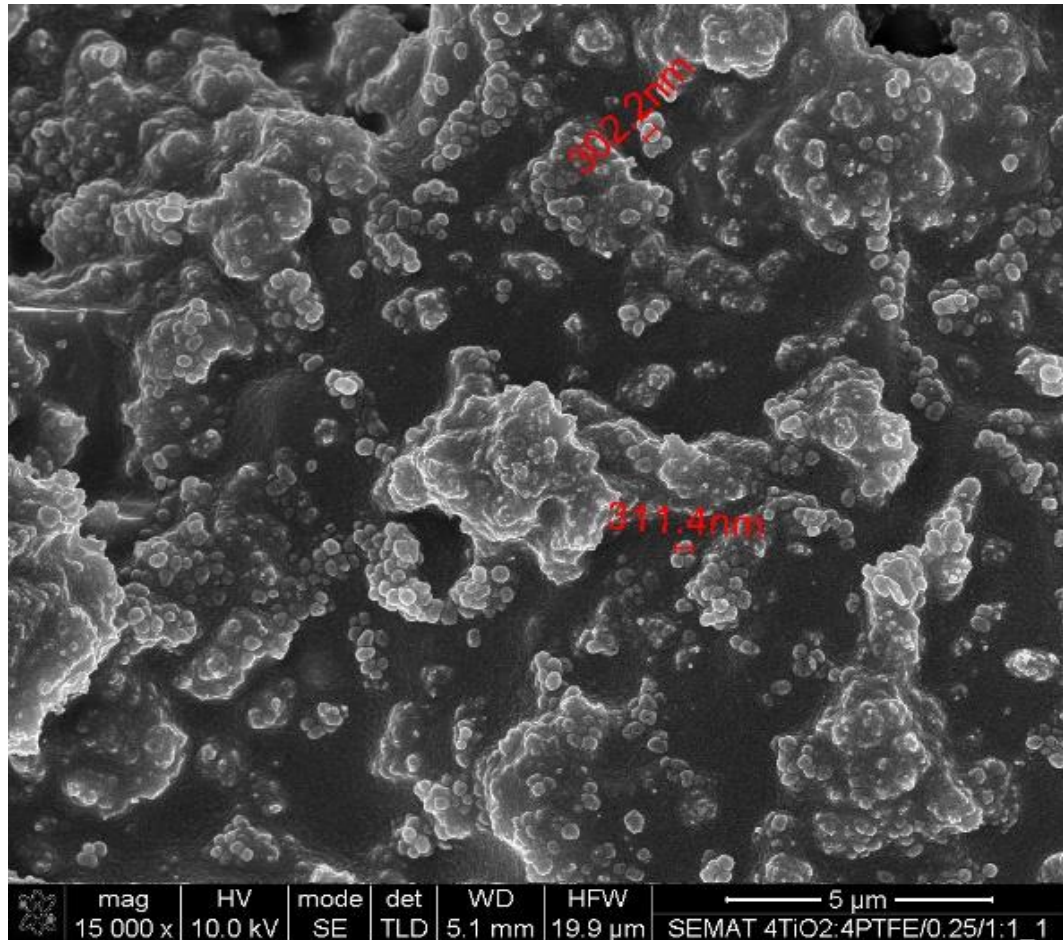
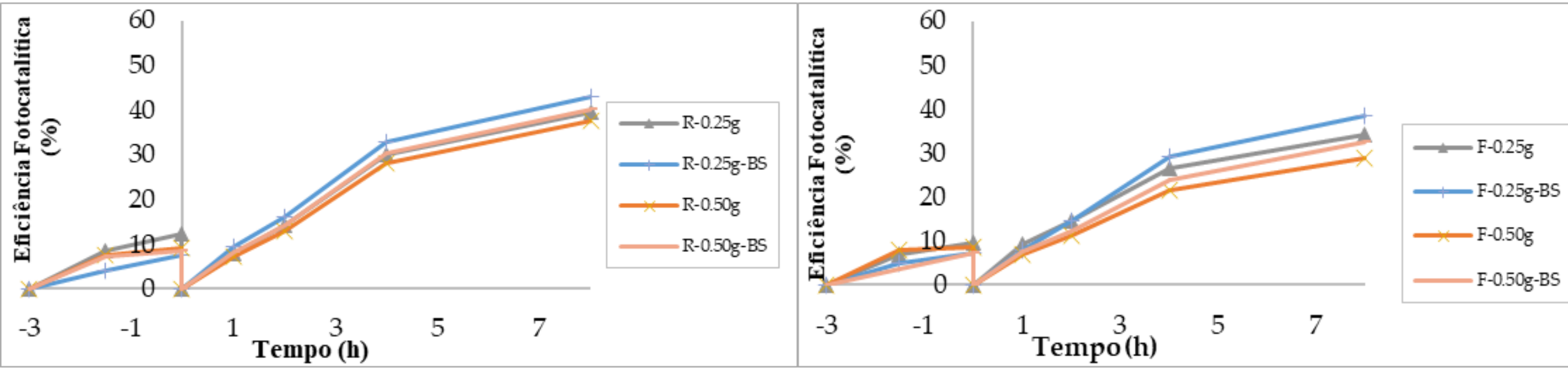


Fig. 1: Representação micrográfica de 4TiO₂-4PTFE (SEM)

Eficiência Fotocatalítica



(a)

(b)

Fig. 2: Resultados da eficiência fotocatalítica: (a) Mistura R com resina e BS; (b) Mistura F com resina e BS.

Ângulo de contacto com a água (Molhabilidade)

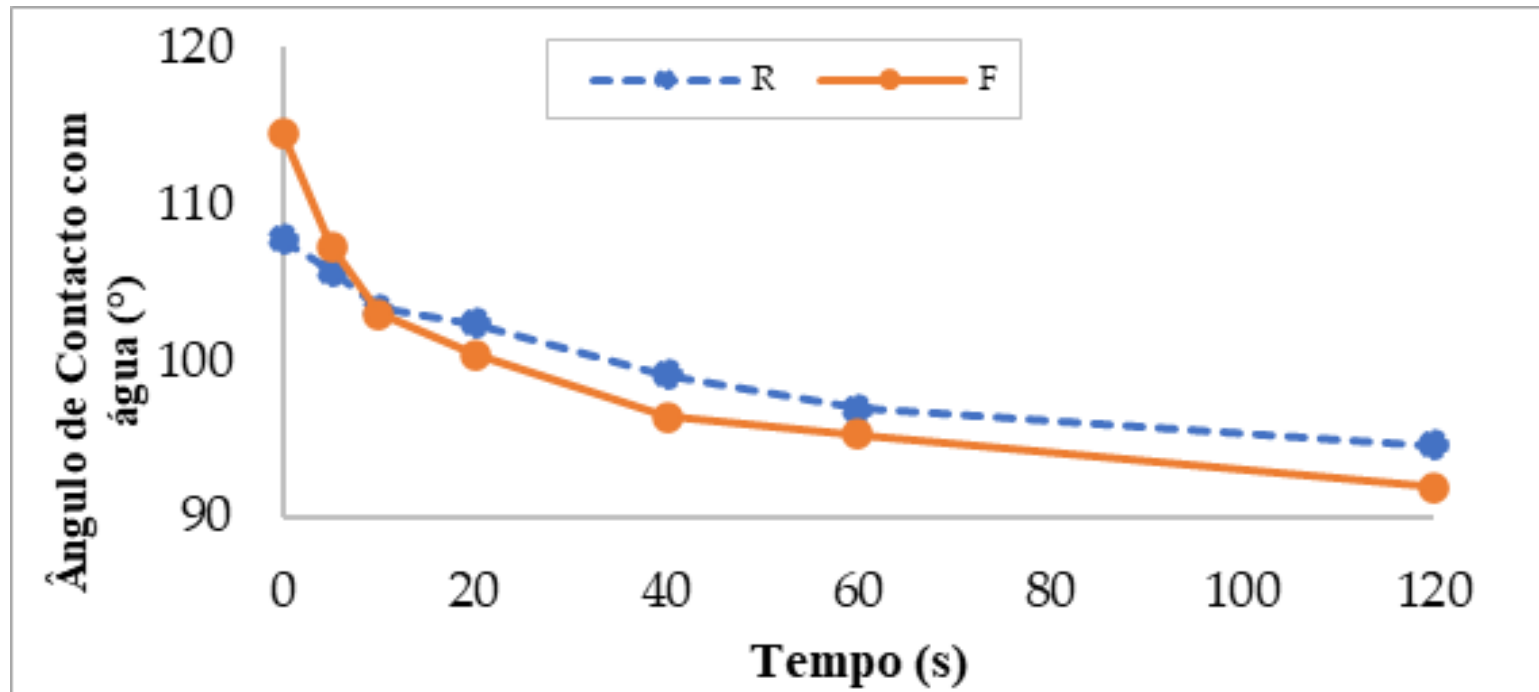
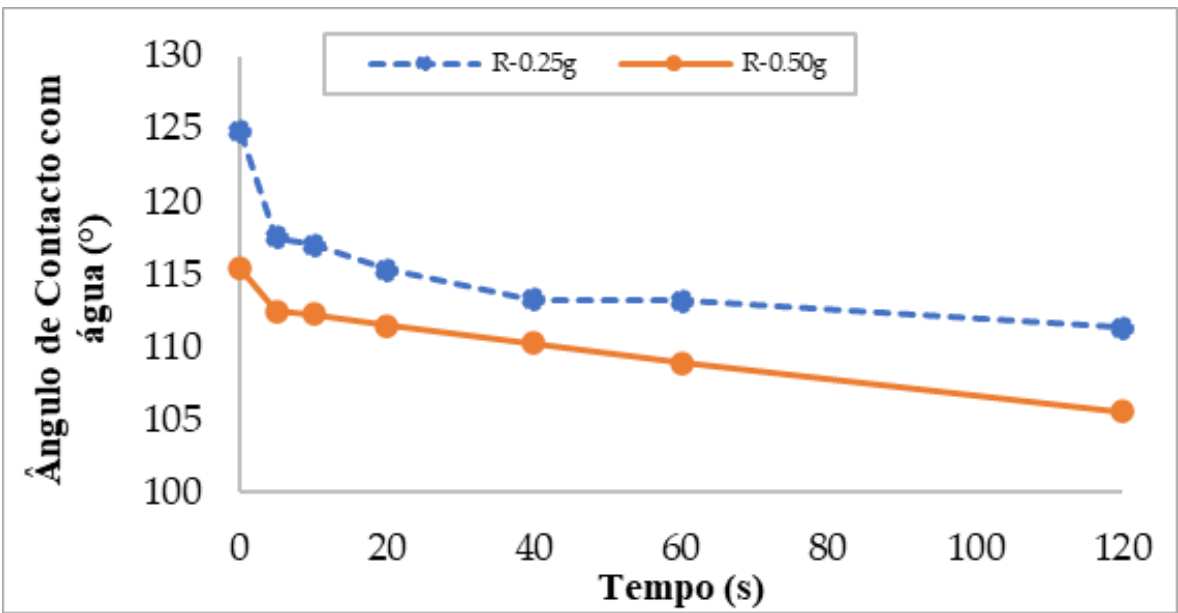
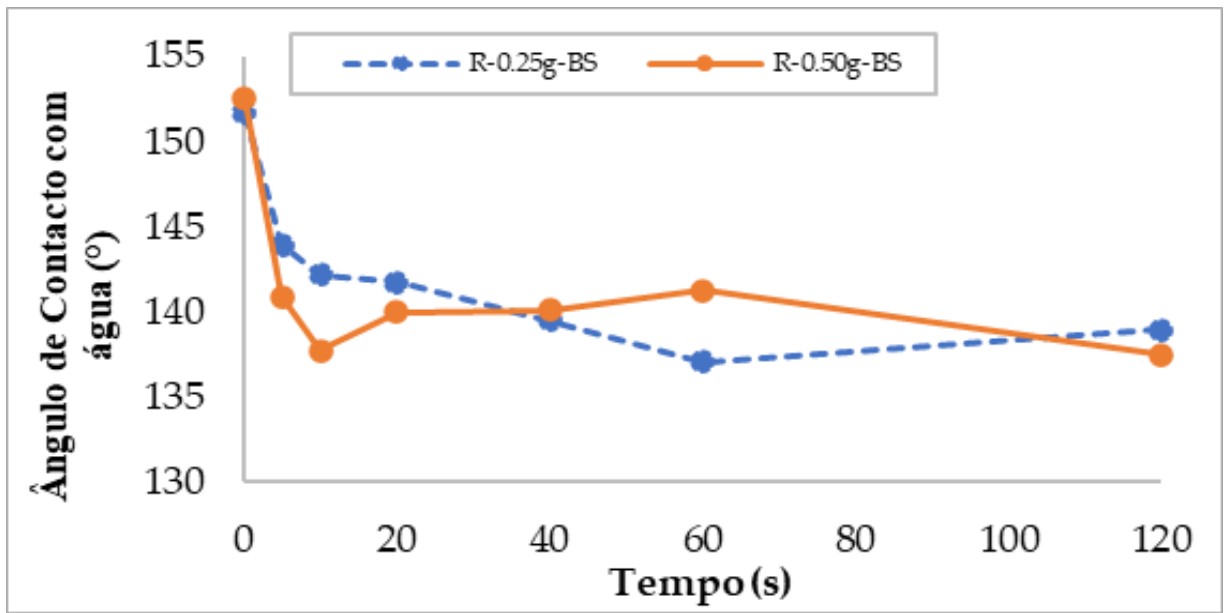


Fig. 3: Resultados do ângulo de contato da água para as misturas sem tratamento (R—referência e F— com 30% de RAP).

Ângulo de contacto com a água (Molhabilidade)



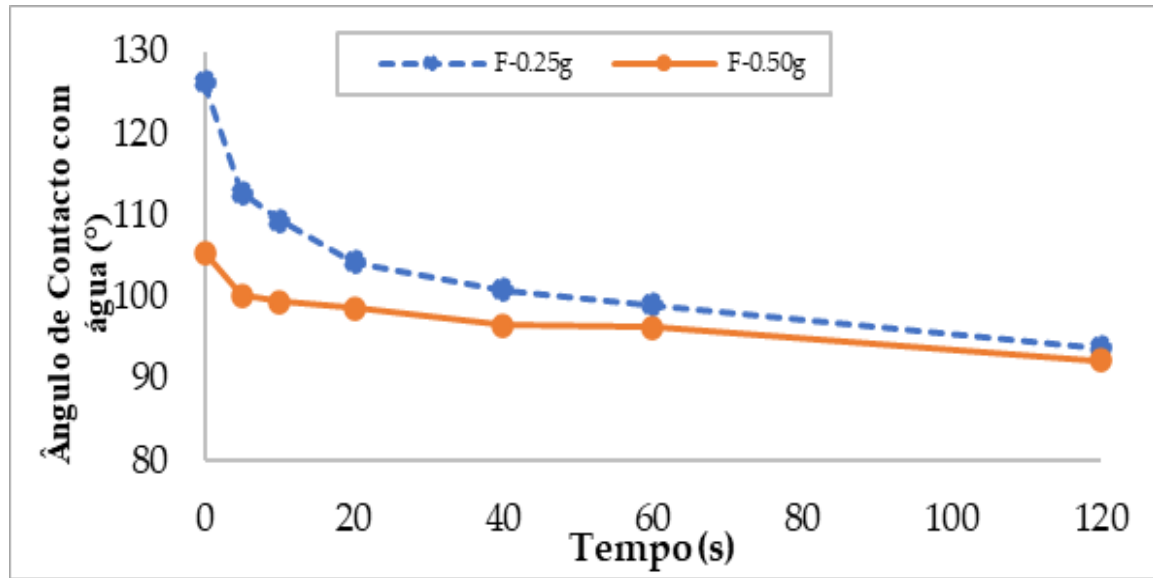
(a)



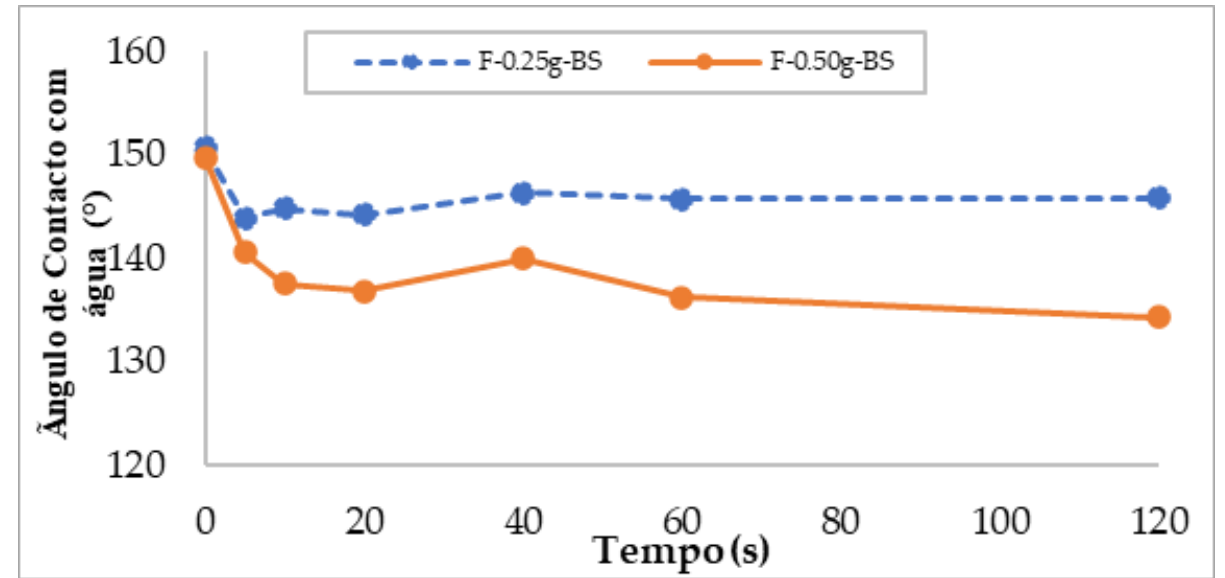
(b)

Fig. 4: Resultados do ângulo de contato da água para a Mistura R: (a) com resina e (b) resina+BS.

Ângulo de contacto com a água (Molhabilidade)



(a)



(b)

Fig. 5: Resultados do ângulo de contato da água para a Mistura F: (a) com resina e (b) resina+BS.

Conclusões

Dos resultados, tiram-se as seguintes conclusões:

- A pulverização da resina diluída diminuiu a eficiência fotocatalítica;
- O melhor resultado foi com a solução de partículas, 0,25g-BS para ambas as misturas betuminosas.
- Para as misturas R e F, a pulverização da resina reduz o ângulo de contacto e a capacidade super-hidrofóbica foi alcançada com as amostras contendo BS.
- A mistura betuminosa F, com RAP, foi mais eficaz quanto à capacidade super-hidrofóbica após a funcionalização pela resina diluída e a solução BS. Quanto à fotocatalise, a mistura convencional apresentou melhor resultado.

Pode-se concluir que a técnica de pulverização sucessiva de uma resina diluída e a pulverização com partículas pode proporcionar a capacidade super-hidrofóbica para quantidades baixas de resina (menos de 0,50 g) e que a capacidade fotocatalítica diminuiu com a utilização da resina.

FUNCIONALIZAÇÃO DE MISTURA BETUMINOSA PARA FOTOCATÁLISE ATRAVÉS DE PULVERIZAÇÕES SUCESSIVAS

AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

Cátia Afonso, Iran Rocha Segundo, Orlando Lima Jr., Elisabete Freitas,
Natália Homem, Salmon Landi Jr. e Joaquim Carneiro

Pavimentos Rodoviários Termosensitivos: Funcionalização com Termocápsulas para Mitigação dos Efeitos de Ilha de Calor

Ambiente: Sustentabilidade e Resiliência

Orlando Lima Jr., Pedro Cardoso, Iran Rocha Segundo, Elisabete Freitas,
Heriberto Nascimento, Cátia Afonso, Salmon Landi Jr., Joaquim Carneiro



Estrutura da Apresentação

- ✓ Introdução
- ✓ Materiais e Métodos
- ✓ Resultados e Discussões
- ✓ Conclusões

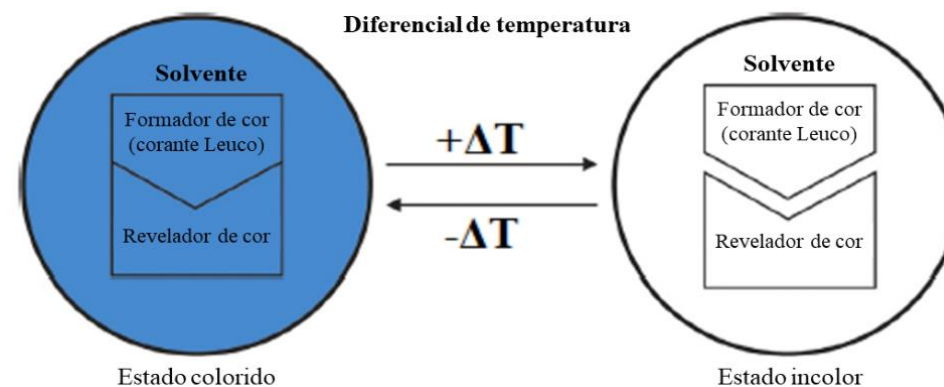


Introdução

Materiais Cromogénicos

- Termocrómicos (temperatura);
- Fotocrómicos (luz visível ou UV);
- Electrocrómicos (campo elétrico);
- Piezocrómicos (pressão);
- Quimiocrómicos (composição química).

Materiais Termocrómicos (*Leuco dye*)

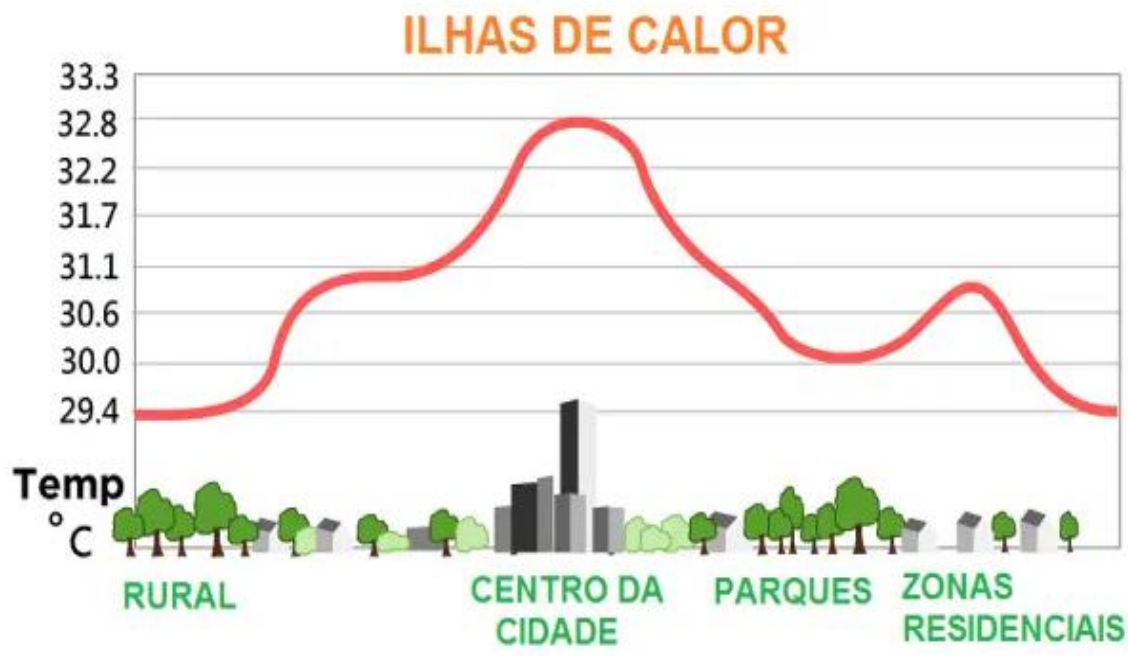


Garshasbi (2019)

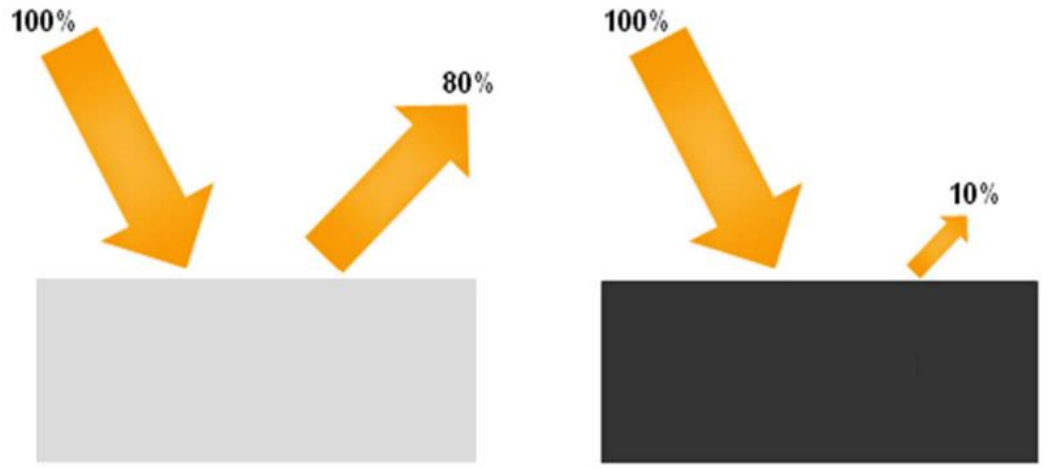


Zhang (2017)

Introdução



Albedo: fração da radiação solar reflectida a partir de uma superfície.



Materiais e Métodos

- Termocápsulas (Chromazone);
- Corante amarelo;
- Resina;
- Ligante betuminoso Styrelf 13/60 (PMB 45/80-60);
- Mistura betuminosa asfáltica AC10.

Soluções termocrómicas:

- 1) Solução aquosa de termocápsulas (3% m/V) e corante (0,5% m/V).
- 2) Resina (20 mL), solução aquosa de termocápsulas (3% m/V) e corante (0,5% m/V).





Materiais e Métodos

Asperção superficial de
solução termocromática



Ligante
betuminoso

Mistura
betuminosa

Ensaio

FTIR

Diferencial térmico

SEM e EDS

QUV

Colorimetria

Desgaste mecânico

Ligações químicas dos materiais.

Ativação térmica e reversibilidade da solução.

Características morfológicas superficiais e análise semi-quantitativa ou qualitativa da composição química.

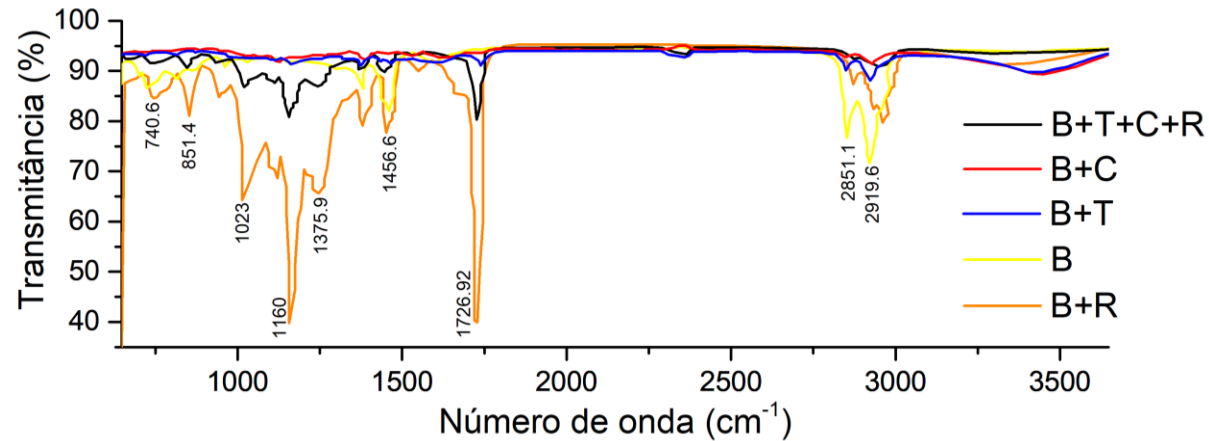
Resistência à degradação ambiental acelerada

Valores da cor das amostras ao fim dos intervalos.

Resistência ao desgaste produzido pelo tráfego.

Resultados e Discussão

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

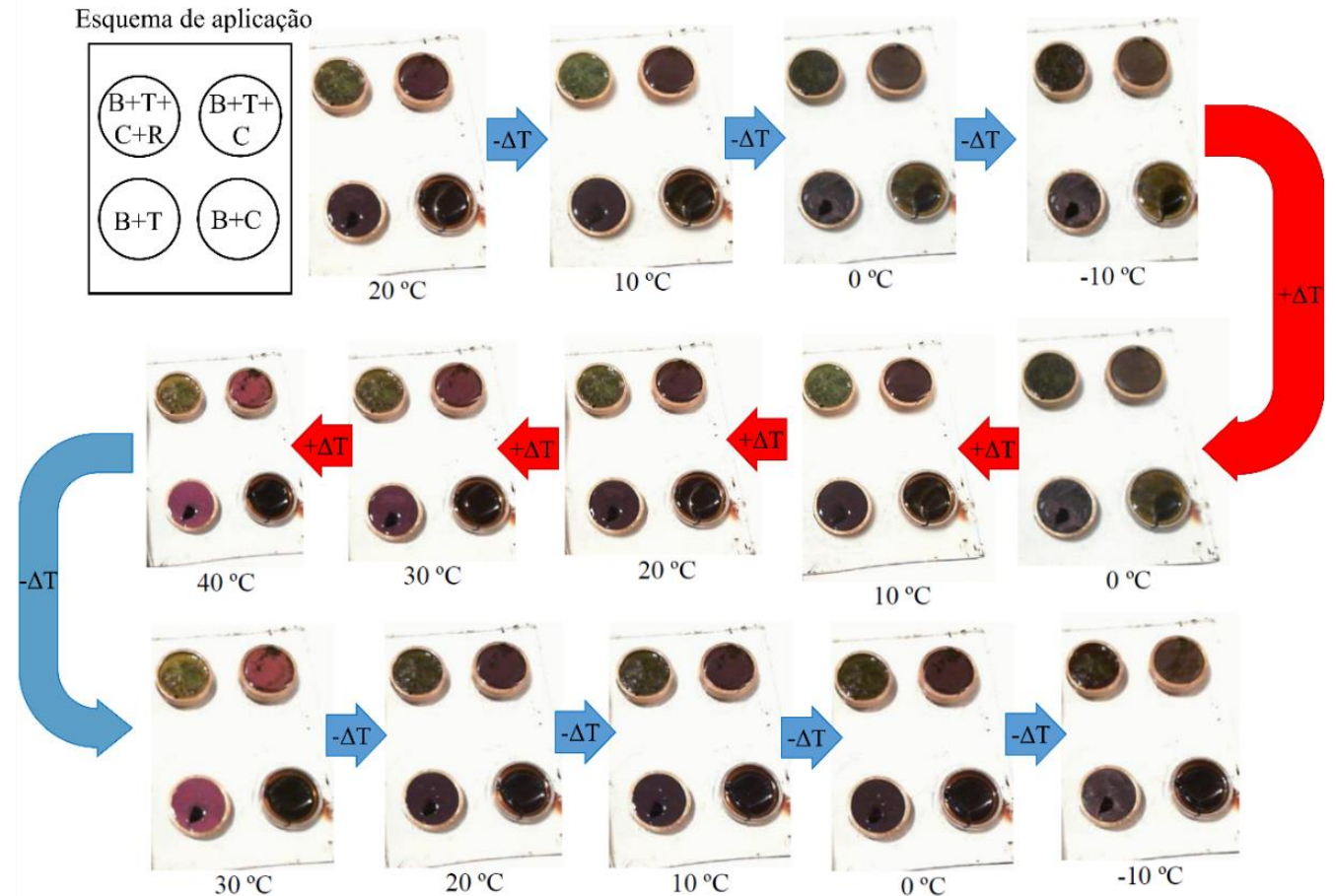


- 1160 cm⁻¹ e 851,4 cm⁻¹ presentes em (B+R) e (B+T+C+R): inserção da resina na superfície amostra;
- 2920 e 2851 cm⁻¹ (hidrocarbonetos) presentes em todas as amostras. Em (B) e (B+R), picos com maior intensidade: menor interferência da camada de funcionalização;
- Comprovada a presença da solução termocromática na superfície do substrato betuminoso. Garantiu-se a funcionalização da superfície do betume.

Resultados e Discussão

Diferencial térmico

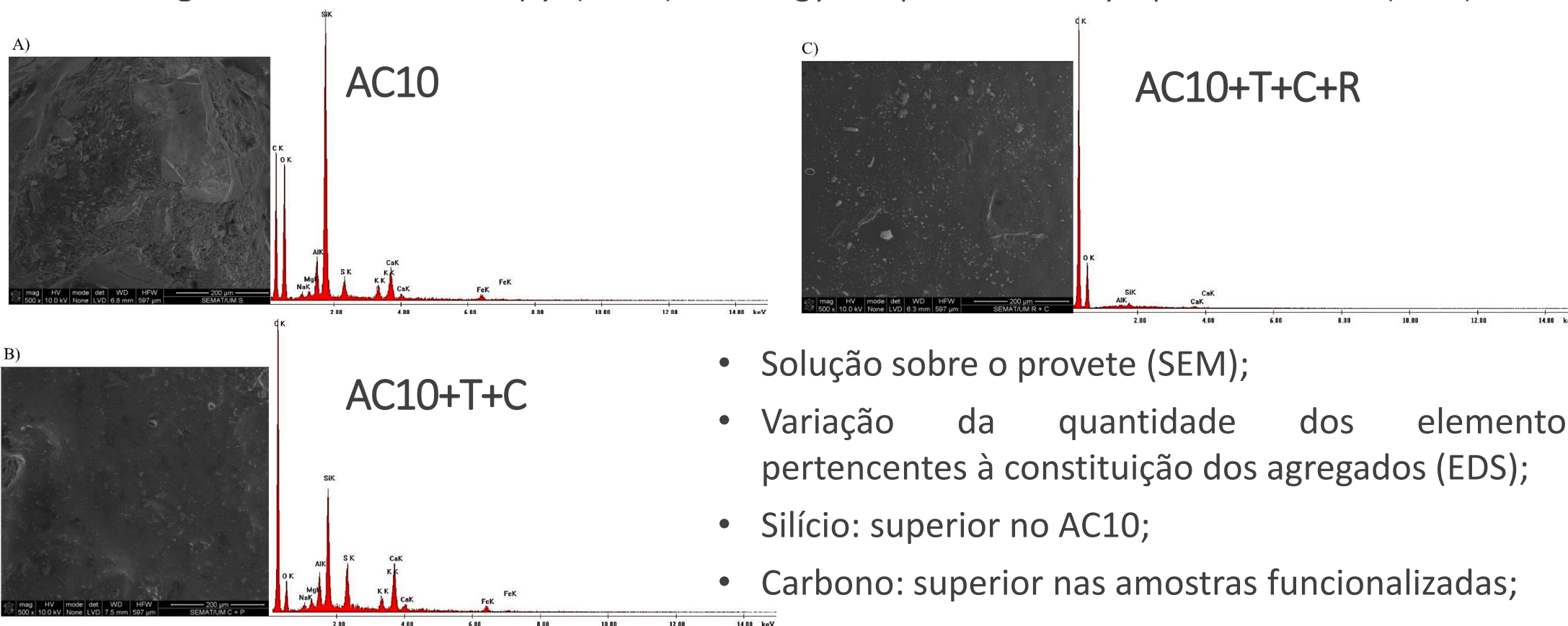
- 10 °C até 10 °C: (B+T+C+R), (B+T+C) e (B+T) cor escura;
- 20 °C até 40 °C: (B+T+C+R) e (B+T+C) grandes diferenças de coloração (visualização do corante);
- (B+T): mudanças de coloração apenas para temperaturas superiores a 30 °C;
- (B+C): mesma coloração durante toda a transição térmica;
- Existência de reversibilidade da cor.





Resultados e Discussão

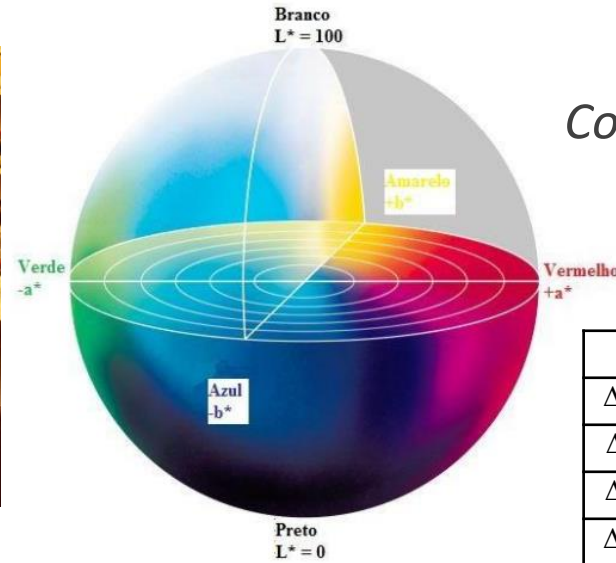
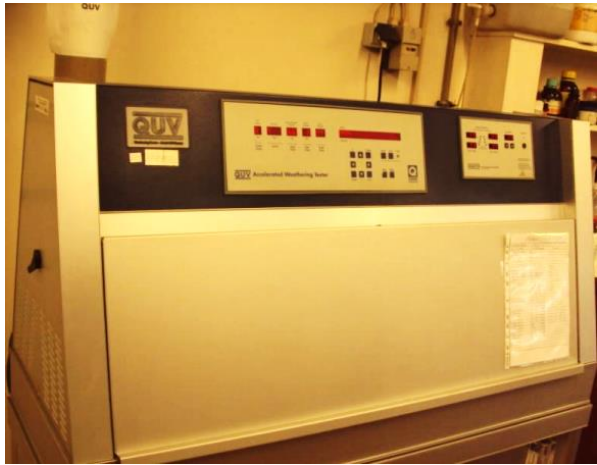
Scanning Electron Microscopy (SEM) e Energy-Dispersive X-ray Spectrometer (EDS)



- Solução sobre o provete (SEM);
- Variação da quantidade dos elementos pertencentes à constituição dos agregados (EDS);
- Silício: superior no AC10;
- Carbono: superior nas amostras funcionalizadas;

Resultados e Discussão

Quick Ultraviolet Accelerated Weathering Test (QUV) e Colorimetria



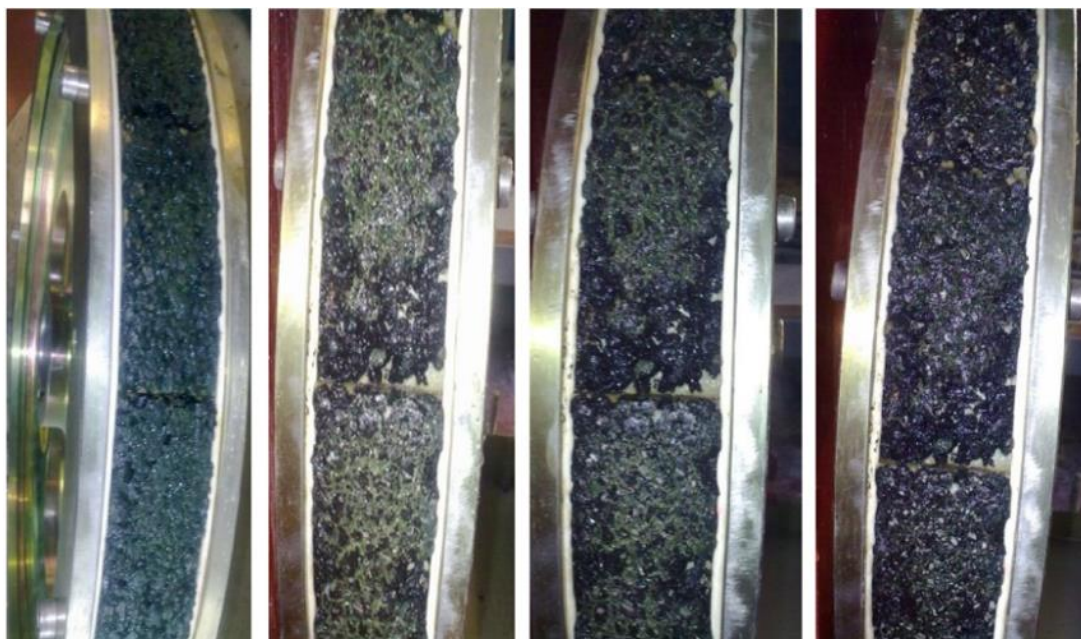
Comissão Internationale de l'Éclairage (CIE)

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

	AC10+T	AC10+T+C	AC10+T+C+R	AC10+C	AC10+C+R	AC10+T+R
ΔL^*	0.58	1.54	4.69	-2.33	-10.93	-3.29
Δa^*	-2.12	-0.51	1.62	0.25	0.11	-2.09
Δb^*	0.50	0.17	4.50	-1.55	-3.24	3.09
ΔE^*	1.20	1.54	8.66	2.36	10.93	7.26

Resultados e Discussão

Desgaste mecânico



A) B) C) D)

T (horas): A) t = 0, B) t = 1, C) t = 2 e D) t = 3

- Vestígios da solução superficialmente empregue;
- Macroscopicamente: cor emergente da superfície do betume é amarelada (corante) (30 °C);
- Resistência ao desgaste foi assegurada (corante);
- Mistura betuminosa asfáltica parcialmente desagregadas.



Conclusões

- FTIR: presença da solução termocromática na superfície betuminosa;
- Diferencial térmico: ativação da solução termocromática a 30 °C e reversibilidade assegurada;
- SEM e EDS: permanência da solução termocromática sobre a superfície betuminosa e evidente alteração morfológica;
- QUV e coordenadas de cor: AC10+T+C+R apresentara elevado ΔE^* e os maior aumento de ΔL^* . QUV promove, também, a degradação do corante;
- Desgaste mecânico: há vestígios de corante na superfície das misturas betuminosas no fim de todos os ciclos. Subsistência da capacidade termocromática não conclusiva (ensaio realizado a 30 °C);
- A funcionalização tem potencial para contribuir para a mitigação do fenómeno de ilhas de calor em centros urbanos;
- Maiores estudos sobre a imobilização da solução ao substrato.

Pavimentos Rodoviários Termosensitivos: Funcionalização com Termocápsulas para Mitigação dos Efeitos de Ilha de Calor

Ambiente: Sustentabilidade e Resiliência

Orlando Lima Jr., Pedro Cardoso, Iran Rocha Segundo, Elisabete Freitas,
Heriberto Nascimento, Cátia Afonso, Salmon Landi Jr., Joaquim Carneiro