

# Autopista Régis Bittencourt

---

arteris

## EQUIPAMENTO SIMULADOR DE TRÁFEGO DE LABORATÓRIO PARA PREVISÃO DE DESEMPENHO DE MISTURAS ASFÁLTICAS QUANTO A DEFORMAÇÃO PERMANENTE

PROJETO 04

Recursos para Desenvolvimento Tecnológico - RDT

Capítulo XX do Edital 02, Lote 06, item 10 do PER

Rodovia BR 116 – Trecho São Paulo - Curitiba

Agosto de 2014

# índice

## 1. Introdução

- a. Motivações
- b. Tipos de simuladores

## 2. Compactador / Simulador – CDT

- a. Compactação de Placas
- b. Simulação
- c. Estágio Atual

## 3. Considerações finais

# 1

## Introdução

- a. Motivações
- b. Tipos de Simuladores

### a. Motivações

- ✓ Previsão do desempenho: dano, deformação permanente
- ✓ Desenvolvimento de equipamento próprio, a custos competitivos
- ✓ Calibração e aplicação das condições de teste baseadas na condição local



## b. Tipos de Simuladores

- ✓ Simuladores em verdadeira grandeza



Simulador tipo HVS – África do Sul – Fonte: TRB, 2014



Simulador tipo MLS – África do Sul – Fonte: TRB, 2014



Simulador tipo Circular – França – Fonte: TRB, 2014

## b. Tipos de Simuladores

- ✓ Simuladores de laboratório



Simulador tipo Roda de Hamburgo – Fonte:  
<http://www.pavementinteractive.org>



Simulador tipo APA – Fonte: <http://www.pavementinteractive.org/>



Simulador tipo LCPC - Fonte: <http://www.pavementinteractive.org>

## b. Tipos de Simuladores

- ✓ Simuladores de laboratório: Características

Premissas de ensaio	Hamburg Wheel Tracking Devices	Asphalt Pavement Analyzer	Simulador LCPC
<b>Modo de compactação</b>	Amassamento	Amassamento	Amassamento
<b>Dimensões do corpo de prova (cm)</b> L=larg./C=comp./E=esp./D=diâ.	LxCxE = 26 x 32 x 4	LxCxE = 12,5 x 30 x 7,5 DxE = 15 x 7,5	LxCxE = 18 x 50 x (2 a 10)
<b>Volume de vazios (%)</b>	6 - 8	4 - 7	6 - 12
<b>Número de ciclos (2 passadas)</b>	20.000	8.000	30.000
<b>Carga de ensaio (N)</b>	705	445	5000 (Regulável com pressão de inflação = 0,6 MPa)
<b>Condição de ensaio</b>	Seco ou imerso em água	Seca ou imerso em água	Seco
<b>Tipo de roda</b>	Metálica	Mangueira inflada	Pneu
<b>Temperatura de ensaio (°C)</b>	20 - 70	35 - 60	35 - 60
<b>Limite admissível</b>	4 mm	7,6 mm	5% para tráfego pesado

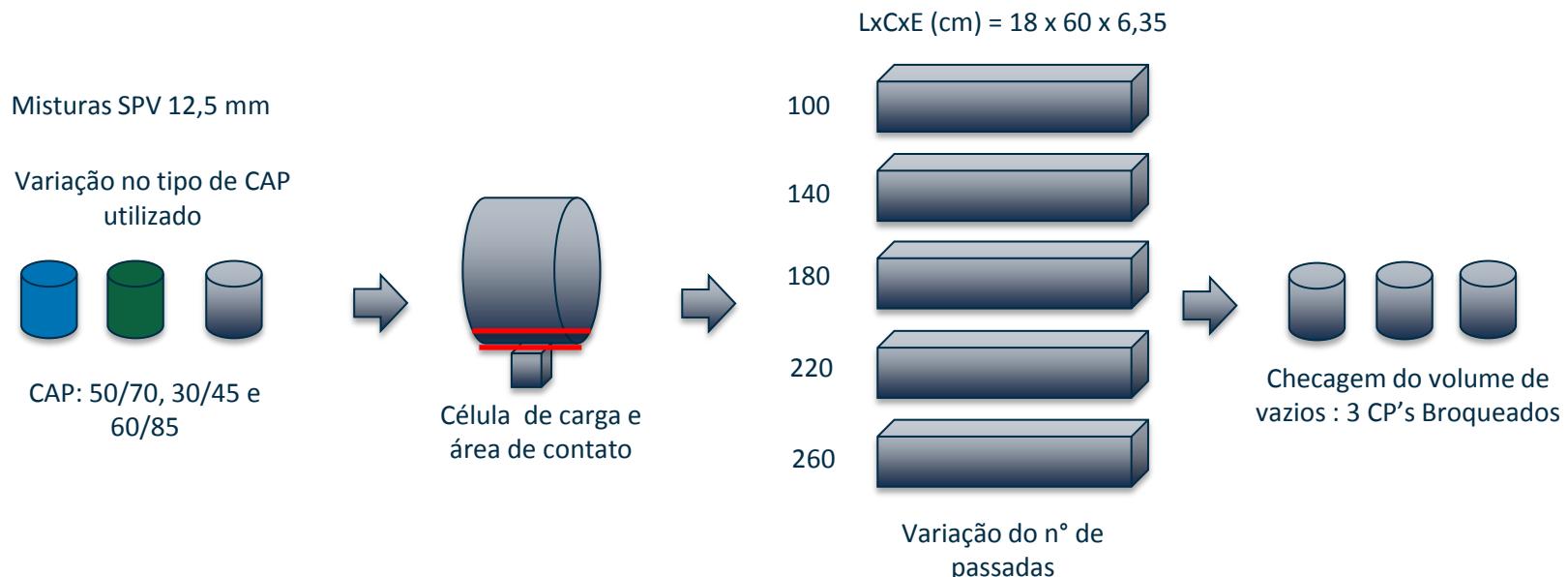
2

## Compactador / Simulador CDT

- a. Compactação de Placas
- b. Simulação
- c. Estágio Atual

### a. Compactação de Placas

- ✓ Definição de misturas para calibração: Dosagem pelo Método Marshall
- ✓ Fixação do teor de ligante para se obter 4% de vazios
- ✓ Definição e calibração da carga e pressão de contato: 9,0 a 12,2 kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Definição no n° de passadas para se atingir 4% de vazios



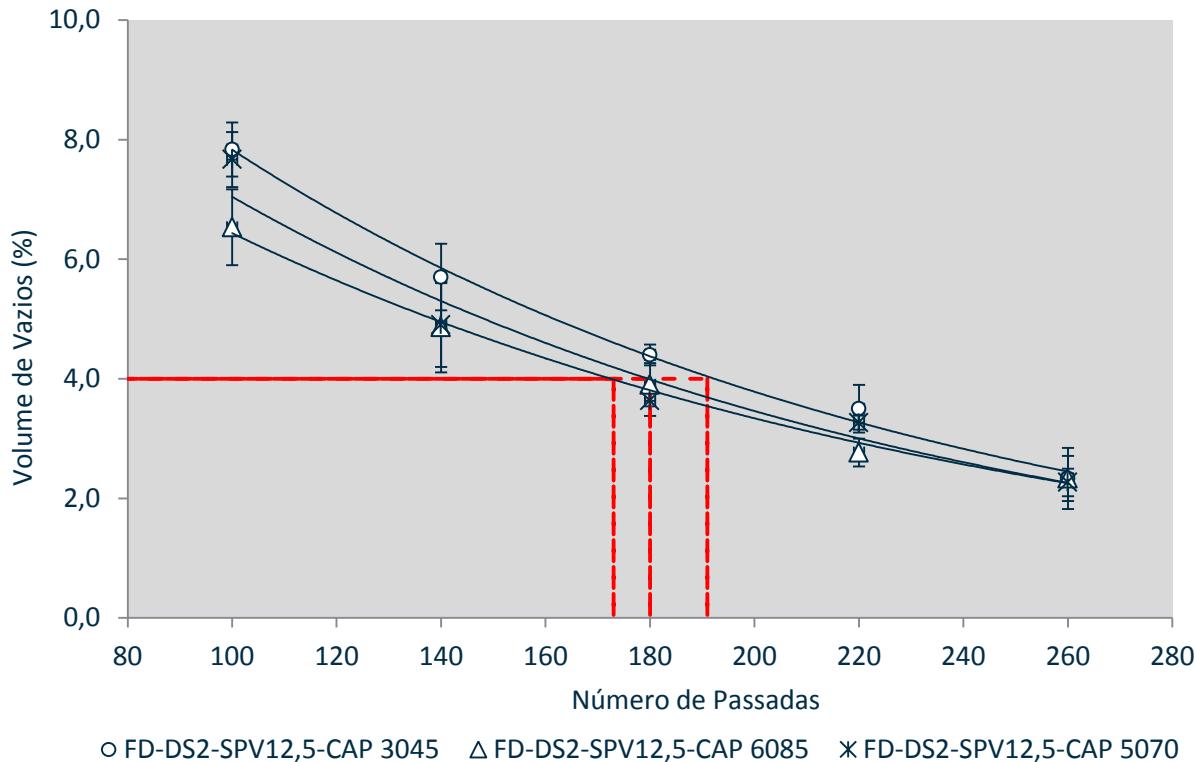
### a. Compactação de Placas

- ✓ Processo de compactação



### a. Compactação de Placas

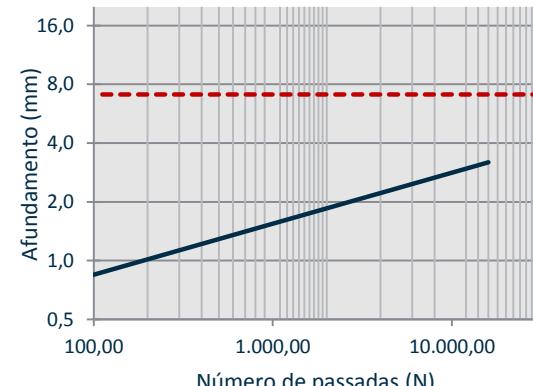
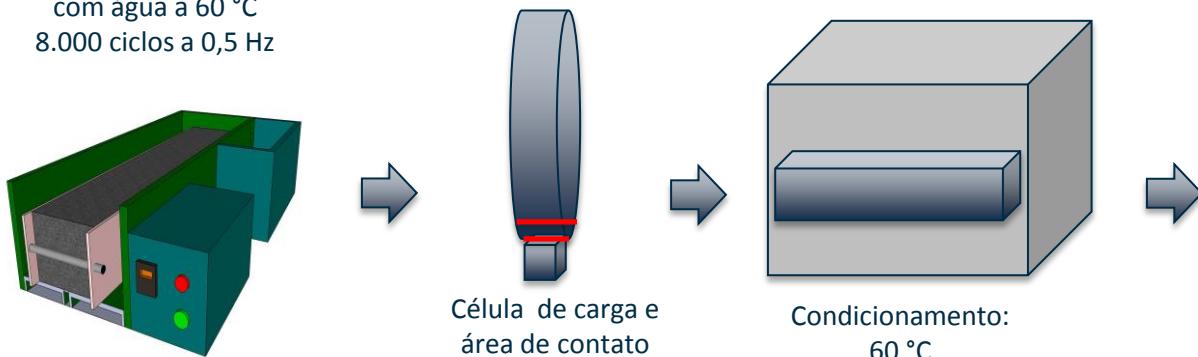
- ✓ Definição no nº de passadas para se atingir 4% de vazios: 180 passadas



## b. Simulação

- ✓ Concepção de suporte para simulação
- ✓ Definição dos parâmetros de simulação
- ✓ Definição e calibração da carga e pressão de contato: 578 N a  $11,5 \text{ kg/cm}^2$
- ✓ Calibração do tempo de condicionamento em estufa: 240 min.
- ✓ Leituras até 8.000 ciclos ou 16.000 passadas

Mistura condicionada  
com água a 60 °C  
8.000 ciclos a 0,5 Hz

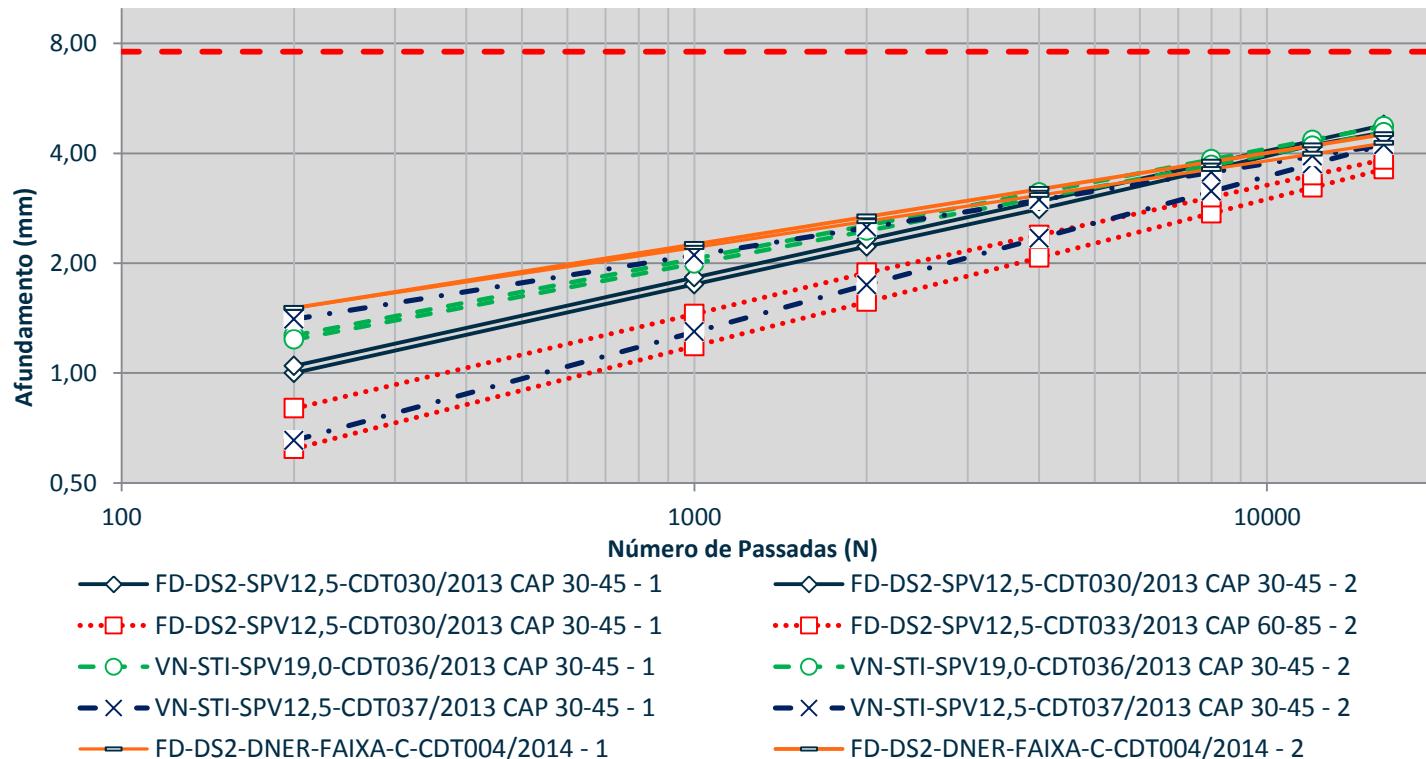


Resultado final

### c. Estágio Atual

- ✓ Após algumas misturas simuladas, detectou-se mesma tendência de deformação acumulada final

**Carregamento (578 Newton)**



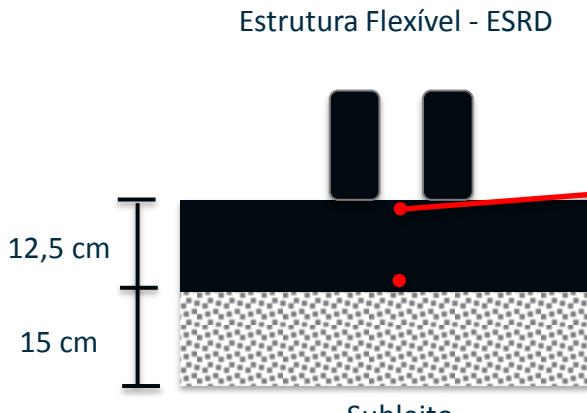
### c. Estágio Atual

- ✓ Possibilidade de variações segundo estudos realizados com vários equipamentos para simulação da deformação permanente

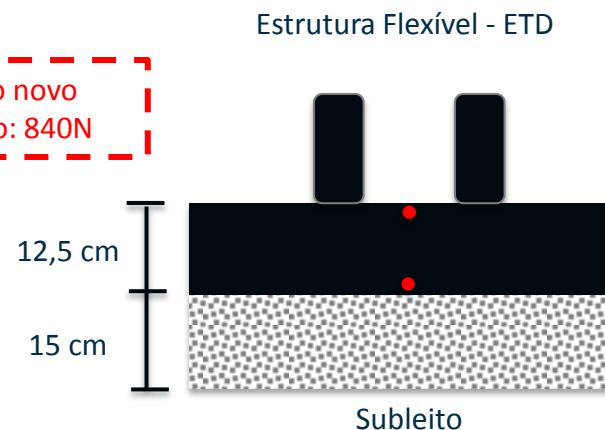
Método de compactação	Compactador Giratório Superpave	Diâmetro máximo nominal do agregado (mm)	9,5
	Compactação por rolagem		12,5
	Máquina de compressão estática		19
	Amostra extraídas de pista/ placas		25
Temperatura de ensaio	35°C	Tipo de roda na aplicação de carregamento	37,5
	40°C		Mangueira inflada
	50°C		Chapa metálica
	60°C		Pneus
Nº de ciclos para finalizar o ensaio	2.000	Carregamento de ensaio (N)	222
	8.000		334
	20.000		445
	30.000		543
% de vazios nas amostras	4 ± 1		660
	6 ± 1		700
	7 ± 1		710
	8 ± 1		5.000

### c. Estágio Atual

- ✓ Aumento da carga em função de simulações com programas de análise mecanicista

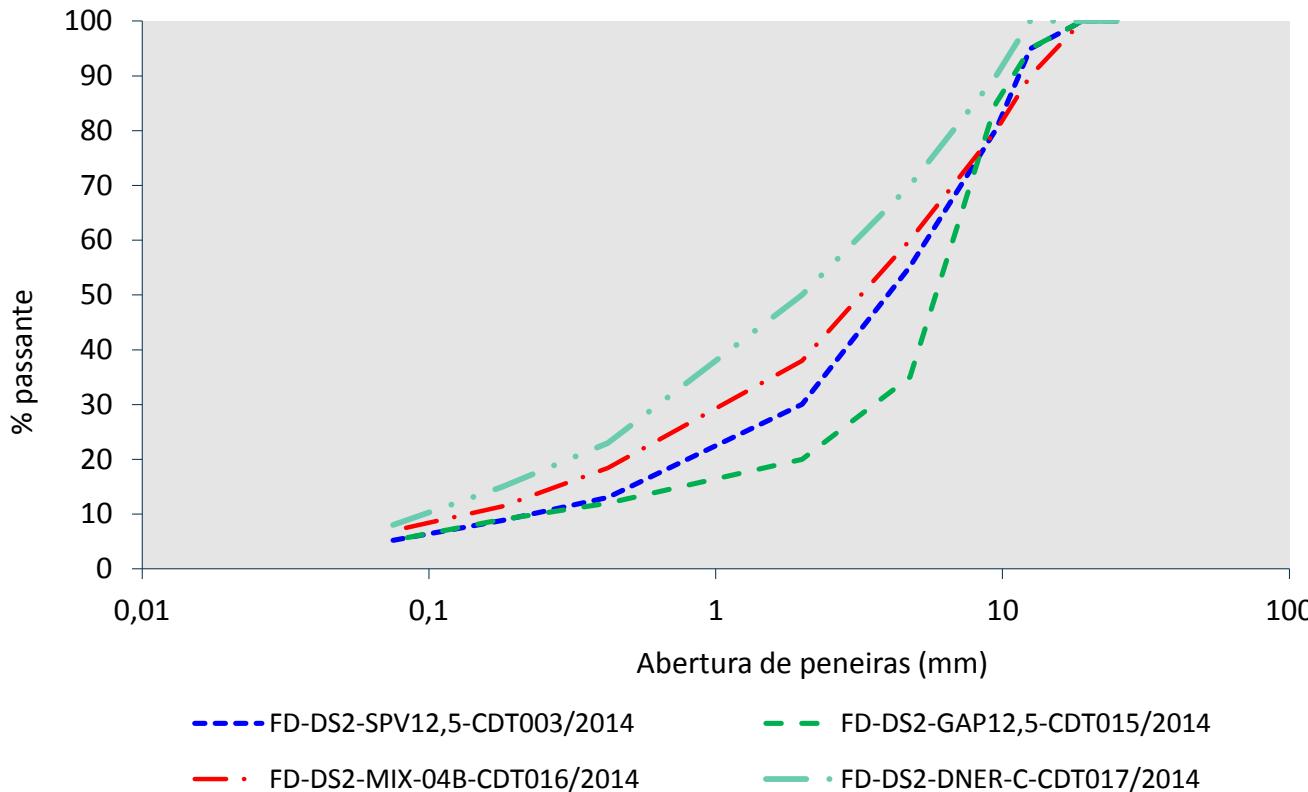


Definição do novo  
carregamento: 840N



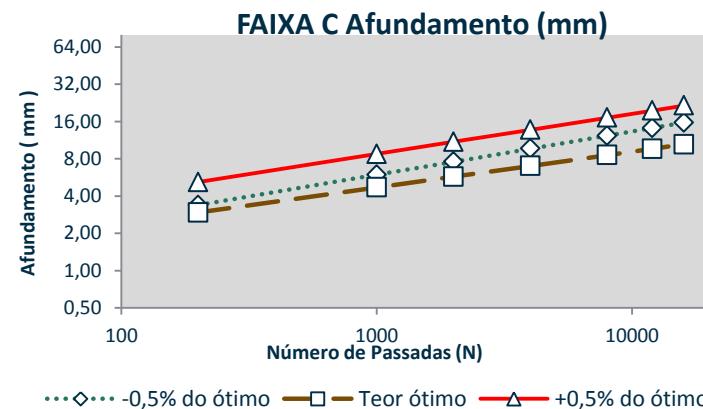
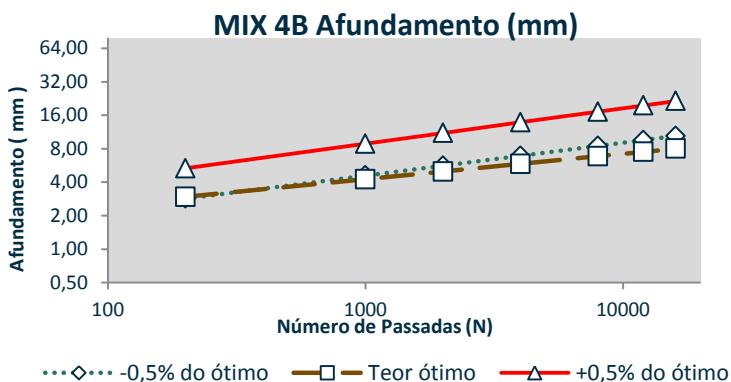
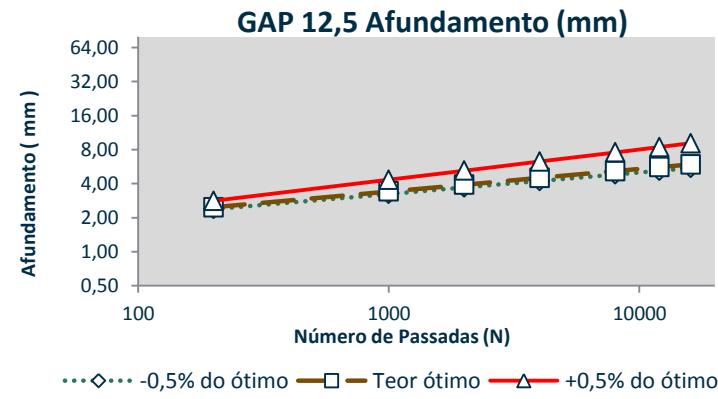
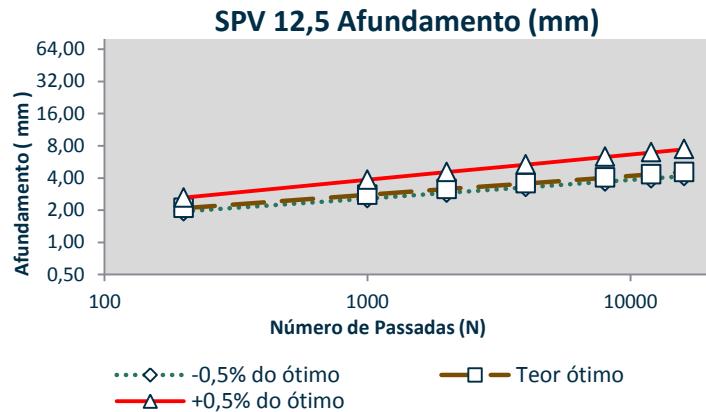
### c. Estágio Atual

- ✓ Avaliação de quatro tipos de misturas (CS-CDT): teor ótim. +0,5%; teor ótim.; teor ótim. -0,5%



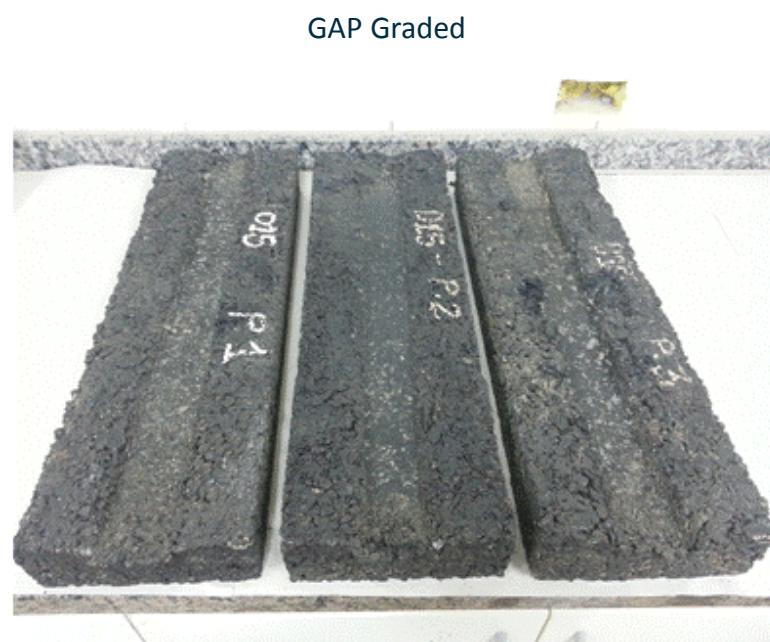
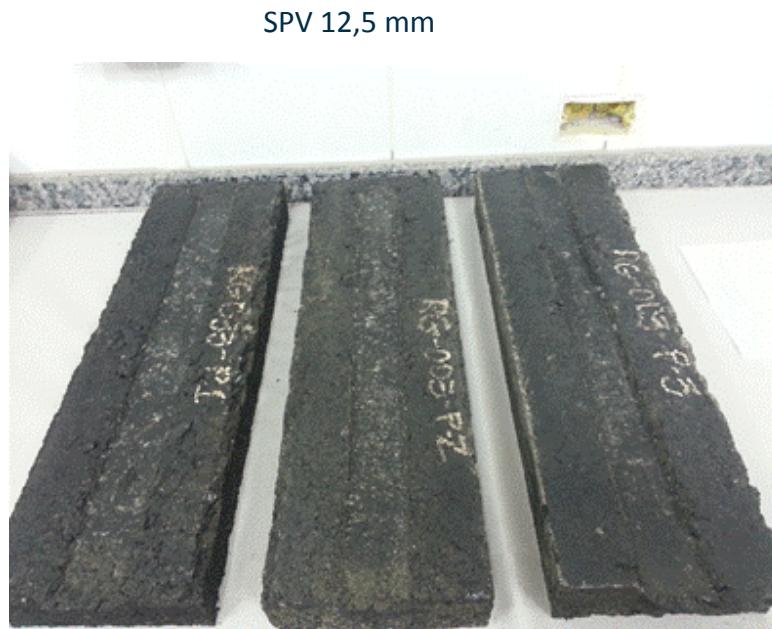
### c. Estágio Atual

- ✓ Avaliação de quatro tipos de misturas (CS-CDT): teor ótim. +0,5%; teor ótim.; teor ótim. -0,5%



### c. Estágio Atual

- ✓ Avaliação de quatro tipos de misturas (CS-CDT): teor ótim. +0,5%; teor ótim.; teor ótim. -0,5%



-0,5% ótim.

ótim.

+0,5% ótim.

-0,5% ótim.

ótim.

+0,5% ótim.

### c. Estágio Atual

- ✓ Avaliação de quatro tipos de misturas (CS-CDT): teor ótim. +0,5%; teor ótim.; teor ótim. -0,5%

Mix. 4B

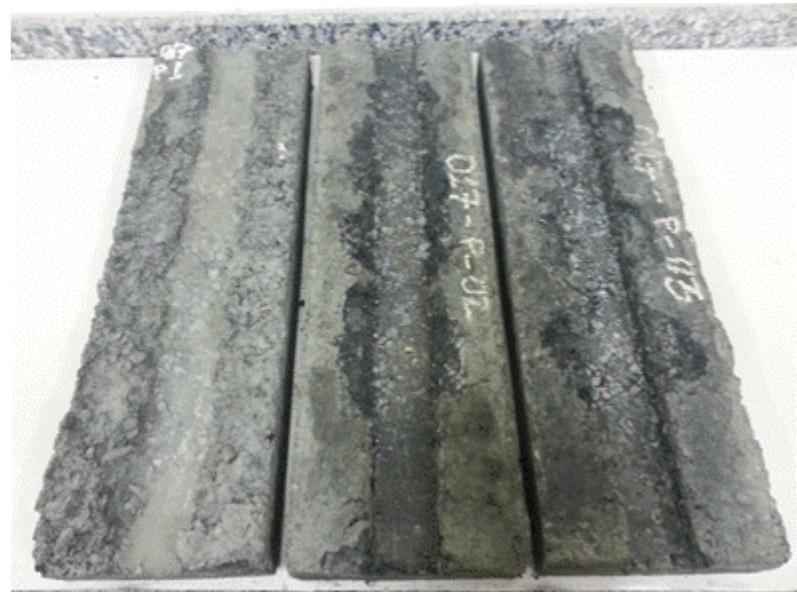


-0,5% ótim.

ótim.

+0,5% ótim.

Fx. C (DNER)



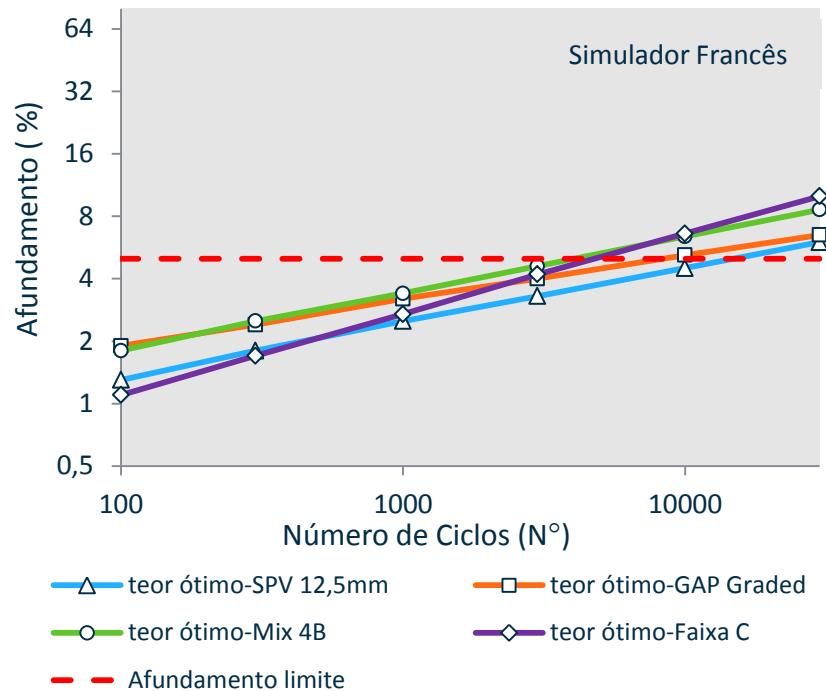
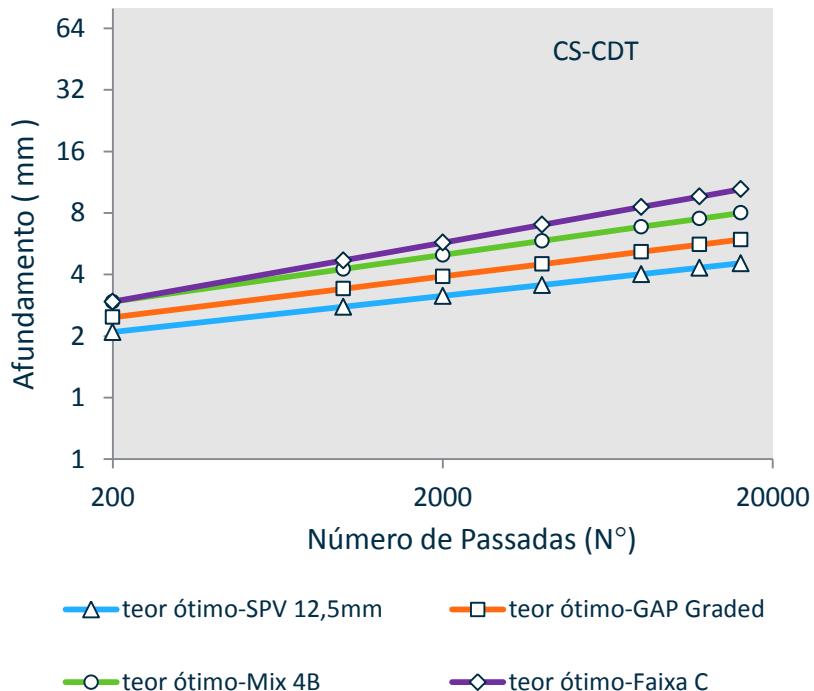
-0,5% ótim.

ótim.

+0,5% ótim.

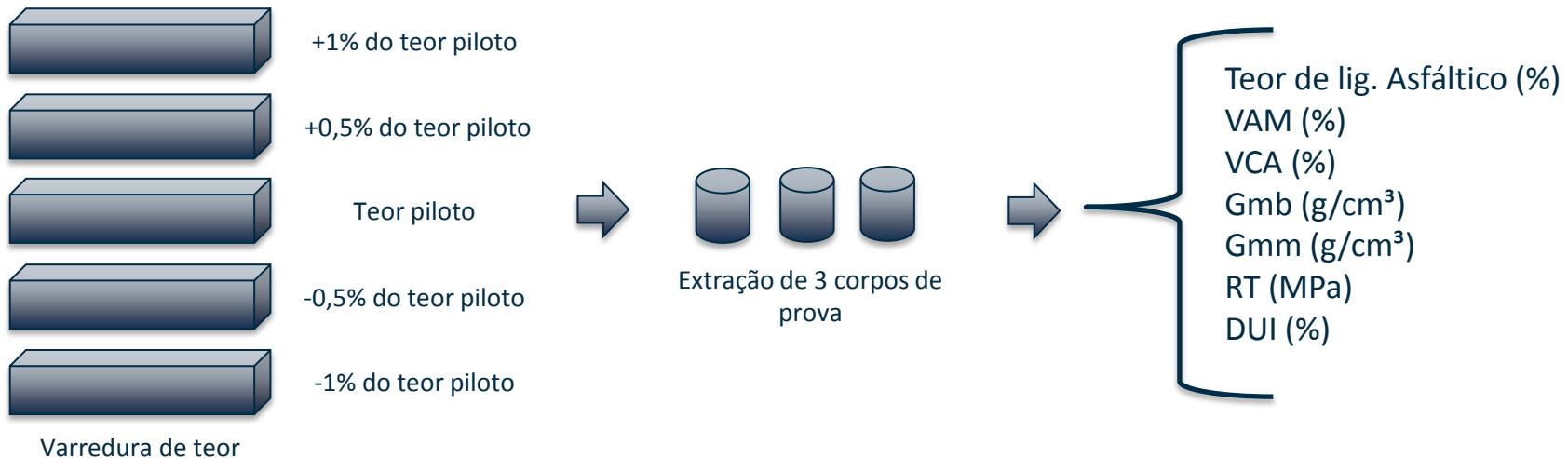
### c. Estágio Atual

- ✓ Avaliação de quatro tipos de misturas (CS-CDT vs. Simulador Francês) : teor ótim.



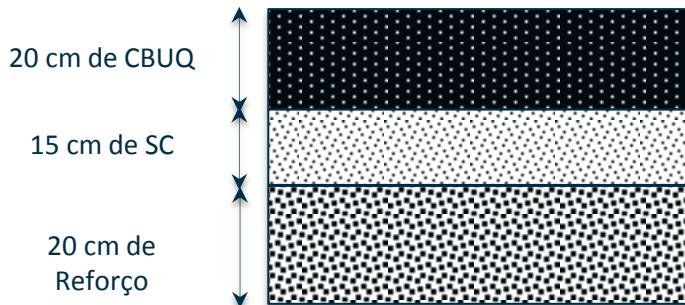
### c. Estágio Atual

- ✓ Em seguida procurou-se definir um procedimento de dosagem com o uso com compactador desenvolvido, onde seu processo ficou definido:
- ✓ Varredura de teores associados a energia de 9,0 kgf/cm<sup>2</sup>
- ✓ N° de passadas: 180
- ✓ Extração de corpos de prova e verificação dos parâmetros volumétricos de dosagem
- ✓ Definição do teor ótimo de modo a atender as especificações Arteris



### c. Estágio Atual

- ✓ Um segmento em 3ª faixa, na rodovia SP-330 (Autowias), possuindo um tráfego de  $1,5 \times 10^8$ , apresentava deformações permanentes excessivas, logo, uma mistura mistura SPV-25 mm foi preparada de com uso da dosagem pelo CS-CDT, de modo a combater tais esforços
- ✓ O Segmento é em aalive, e a estrutura de pavimento é apresentada abaixo
- ✓ O projeto de restauração previa a fresagem em 10 cm de CBUQ e aplicação de 7 cm da mistura SPV 25 mm e 3 cm de SMA 8S e 11S



### c. Estágio Atual



### c. Estágio Atual

- ✓ A volumetria de campo foi aferida muito próxima a de projeto (14 amostras ao total), encontrando-se de acordo com as especificações internas Arteris ES-001 (2013)

Parâmetros de dosagem	Laboratório	Campo	Especificado (Arteris ES-001)
Teor de ligante (%)	3,5 (Projetado)	3,7	± 0,2 do ótimo
Volume de vazios (%)	4	5,6	4 a 6
Massa específica máxima medida ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2,697	2,695	-
Massa específica aparente compactada ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2,589	2,543	-



3

## Considerações finais

- ✓ Os objetivos do programa de pesquisa foram atendidos
- ✓ Foi possível verificar o emprego do equipamento compactador em outra finalidade (dosagem) e aferição da mesma em seção experimental
- ✓ Novos desafios: avaliar novos parâmetros de ensaio, desenvolver segmentos experimentais para verificar os parâmetros extraídos dos equipamentos desenvolvidos com o tempo

Muito obrigado!

[www.arteris.com.br](http://www.arteris.com.br)

**Autopista Régis Bittencourt**

arteris