

# Autopista Fernão Dias

arteris

## AVALIAÇÃO LABORATORIAL E EM PISTA DA TECNOLOGIA DE RECICLAGEM A FRIO IN SITU COM USO DE EMULSÃO ASFÁLTICA E COM CIMENTO PARA REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS

### PROJETO 05

Recursos para Desenvolvimento Tecnológico – RDT  
Capítulo XX do Edital 02, Lote 05, item 10 do PER  
Rodovia BR 381 – Trecho Belo Horizonte - São Paulo

14 de agosto de 2014

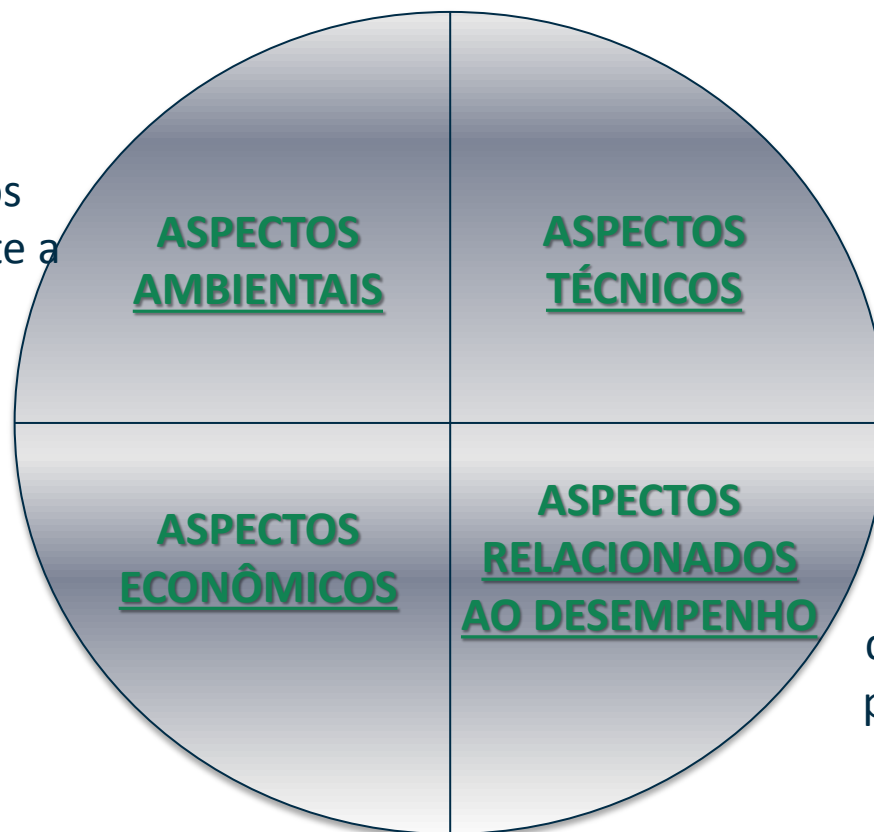
# índice

- 1. Reciclagem de Pavimentos Asfálticos**
- 2. Trecho Experimental**
  - a. Concepção
  - b. Execução
  - c. Levantamento de campo
- 3. Estudos Laboratoriais**
  - a. Reciclado com cimento
  - b. Reciclado com emulsão
- 4. Considerações Finais**

1

## Reciclagem de Pavimentos Asfálticos

## VANTAGENS DA RECICLAGEM DE PAVIMENTOS

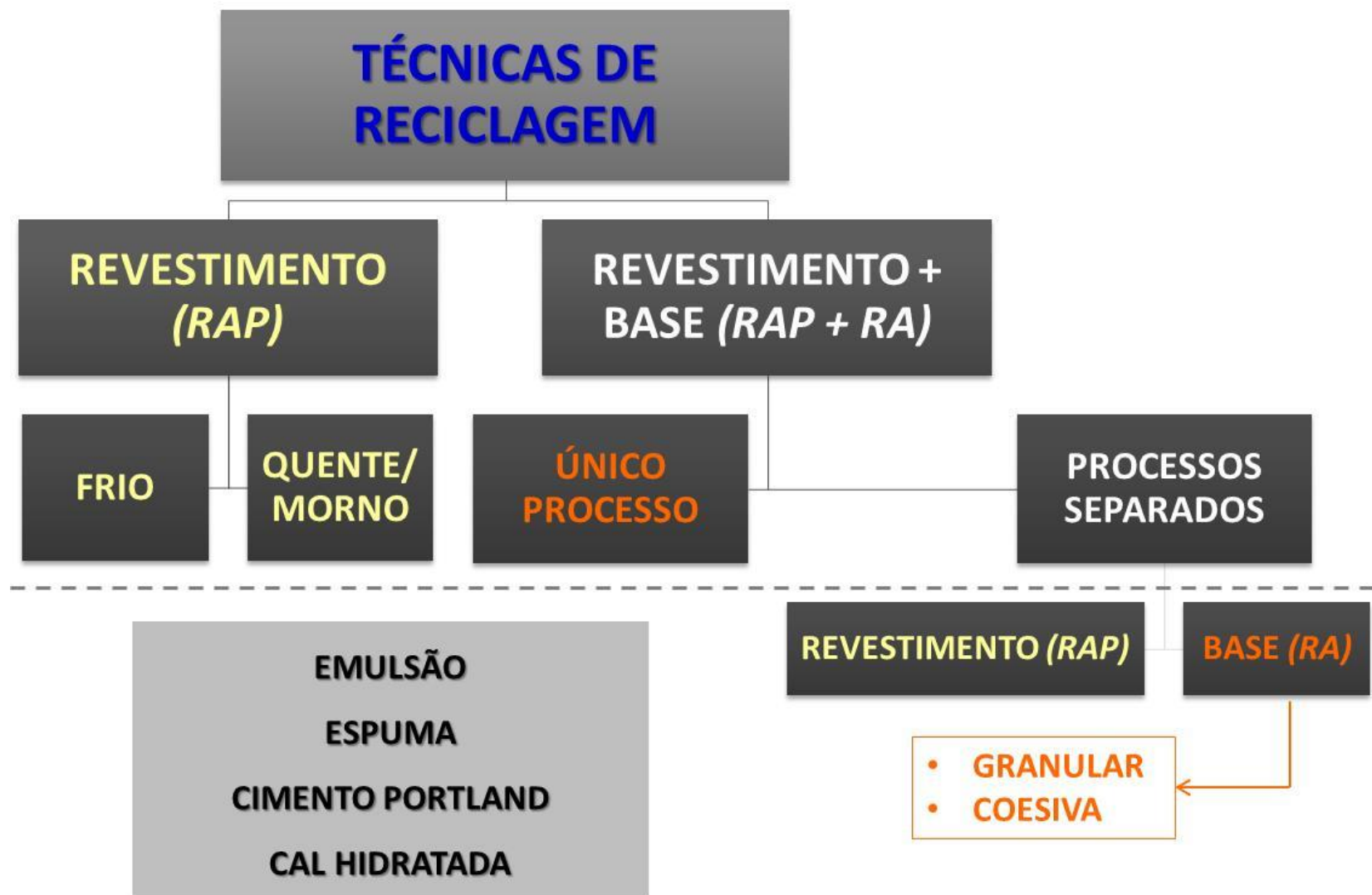


consumo de energia,  
preservação de fontes  
naturais de materiais,  
destino adequado aos  
materiais fresados, menos  
emissão de fumos durante a  
produção/construção)

tempo de construção,  
ambiente de trabalho  
adequado

custo dos insumos,  
produção, transporte  
e descarte de  
materiais fresados

novos métodos de  
dosagem e  
dimensionamento; boas  
propriedades mecânicas

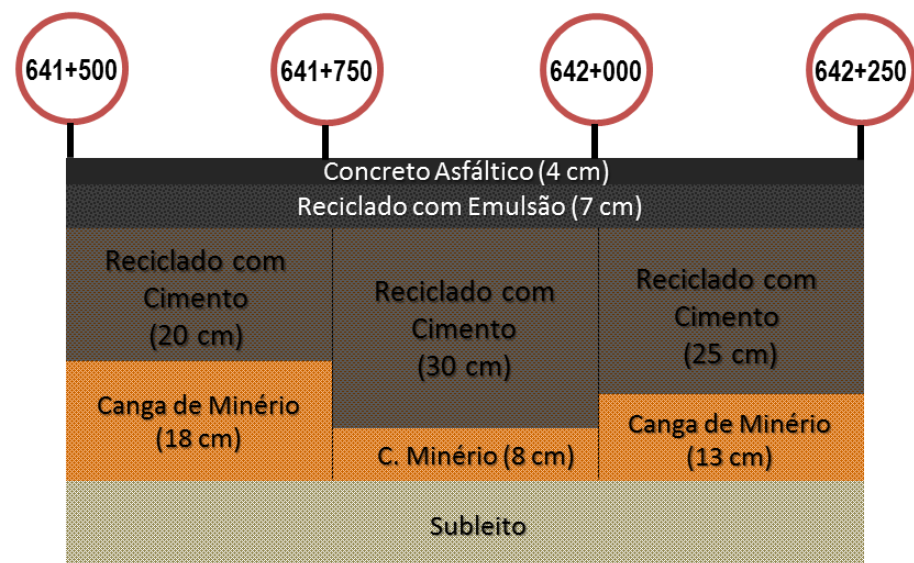


# 2

## Trecho Experimental

- a. Concepção
- b. Execução
- c. Levantamento de campo

## CONCEPÇÃO

PAVIMENTO  
EXISTENTE

## RESTAURAÇÃO

Reciclado com emulsão: RAP + 3% de emulsão + 1% de cimento

Reciclado com cimento: base (solo-brita) fresada + 5% de cimento

## EXECUÇÃO



Fresagem do revestimento deteriorado



## EXECUÇÃO



Fresagem do pavimento antigo  
(processo a frio)



## EXECUÇÃO



Adição do cimento (5%) à base existente

## EXECUÇÃO



Caminhão tanque (adição de água)



Equipamento reciclador

## EXECUÇÃO



Compactação da camada



Finalização da camada



## EXECUÇÃO



Usina de produção do material reciclado com emulsão

## EXECUÇÃO



Aplicação da mistura reciclada



Camada aplicada



Compactação (rolo pneu)



Compactação (rolo chapa)

## LEVANTAMENTO DE CAMPO

## Levantamento visual detalhado:

verificação de possíveis defeitos após o fim da construção



## Textura superficial:

mancha de areia e pêndulo britânico



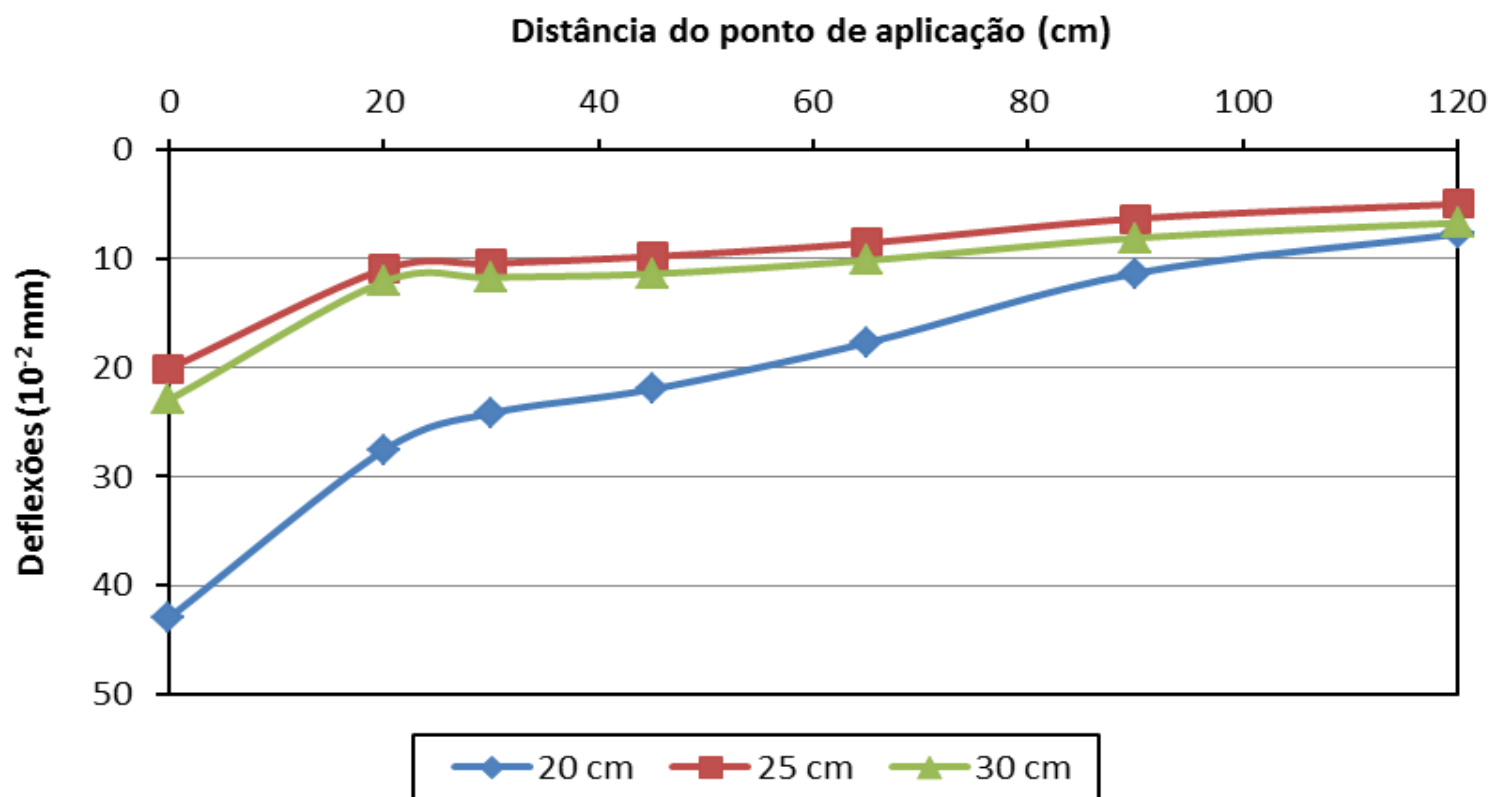
Estaca	VRD	HS
641+600	50,8	0,50
641 + 670	55,8	0,52
641 + 920	50,2	0,63
642 + 120	47,6	0,58
642 + 200	57,0	0,50

VRD – medianamente rugosa  
HS – textura superficial media

## LEVANTAMENTO DE CAMPO

Condição estrutural:

três levantamentos deflectométricos: 2011, 2012 e 2013.

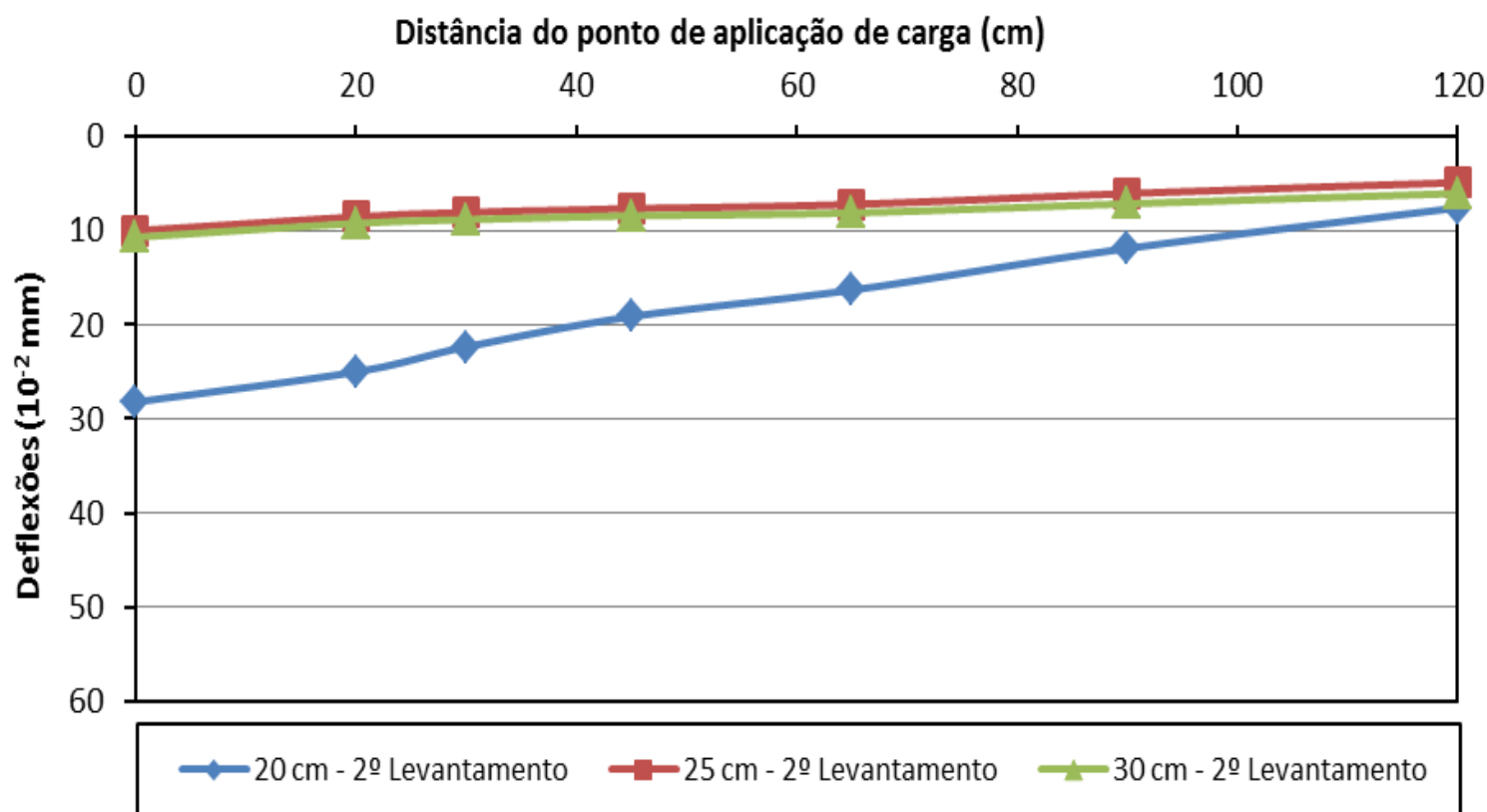




## LEVANTAMENTO DE CAMPO

## Condição estrutural:

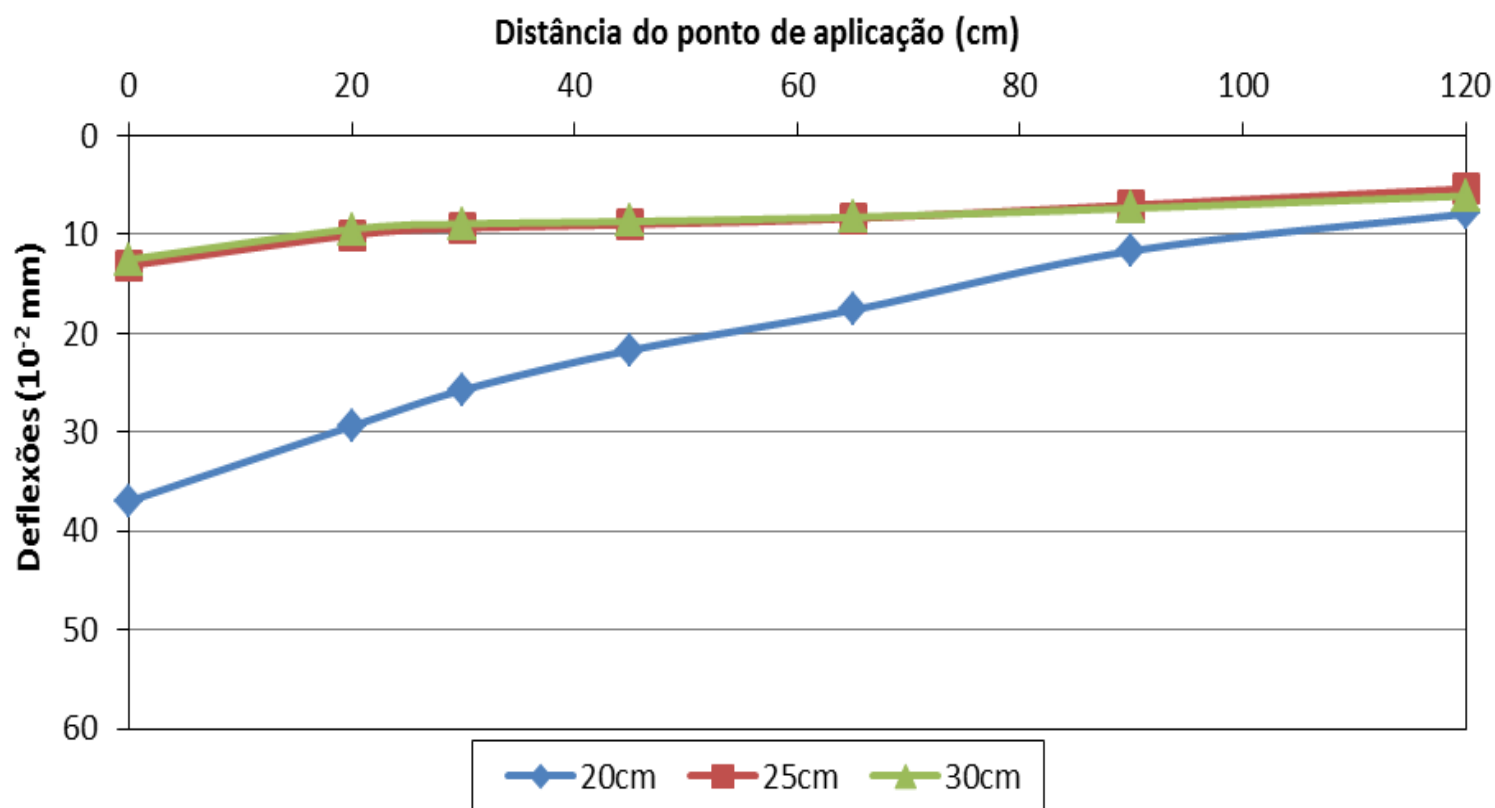
três levantamentos deflectométricos: 2011, 2012 e 2013.



## LEVANTAMENTO DE CAMPO

Condição estrutural:

três levantamentos deflectométricos: 2011, 2012 e 2013.



## LEVANTAMENTO DE CAMPO

Extração de CPs da pista (reciclado com cimento):



## LEVANTAMENTO DE CAMPO

**Extração de CPs da pista (reciclado com cimento):**

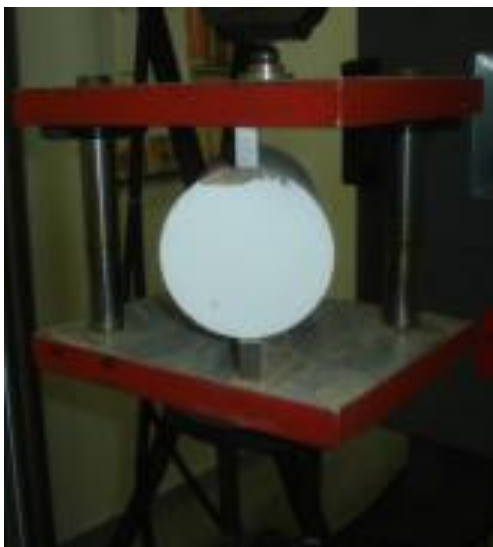
Ensaio de rigidez: módulo de resiliência, módulo elástico e ultrassom



## LEVANTAMENTO DE CAMPO

**Extração de CPs da pista (reciclado com cimento):**

Ensaio de ruptura: resistência à tração por compressão diametral e resistência à compressão simples



3

## Estudos Laboratoriais

- a. Reciclado com cimento
- b. Reciclado com emulsão

## RECICLADO COM CIMENTO

**Dosagem das misturas recicladas com cimento:**

- Teores de cimento: 5, 6 e 7%
- Energias de compactação: modificada e intermediária

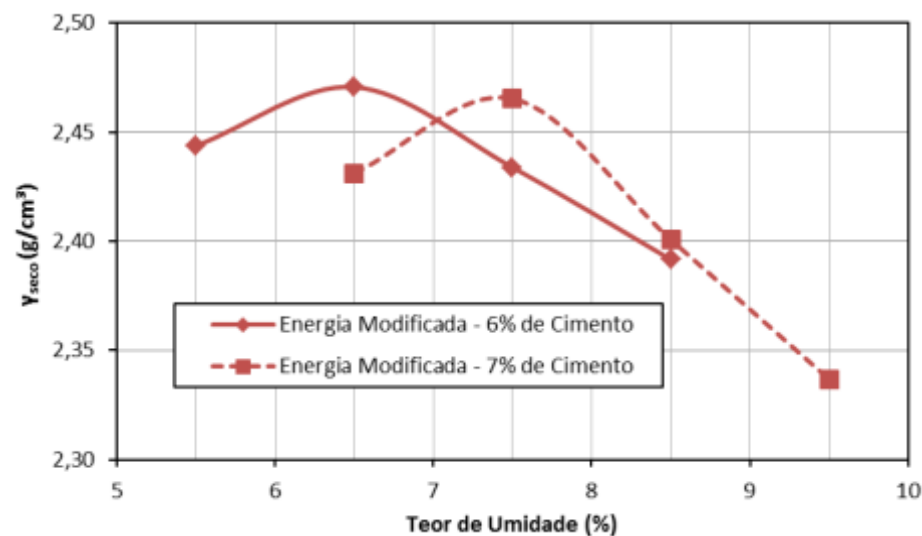
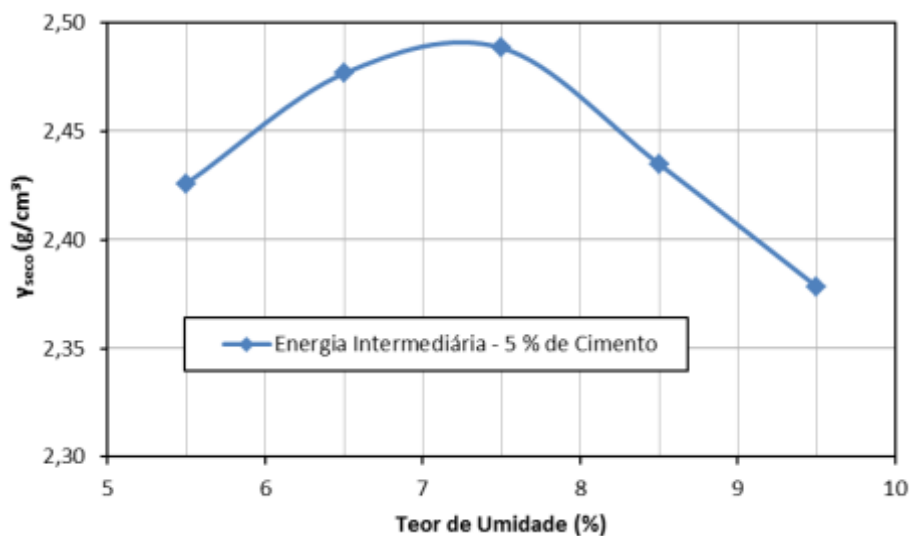




## RECICLADO COM CIMENTO

**Dosagem das misturas recicladas com cimento:**

- Teores de cimento: 5, 6 e 7%
- Energias de compactação: modificada e intermediária





## RECICLADO COM CIMENTO

### Caracterização mecânica das misturas recicladas com cimento

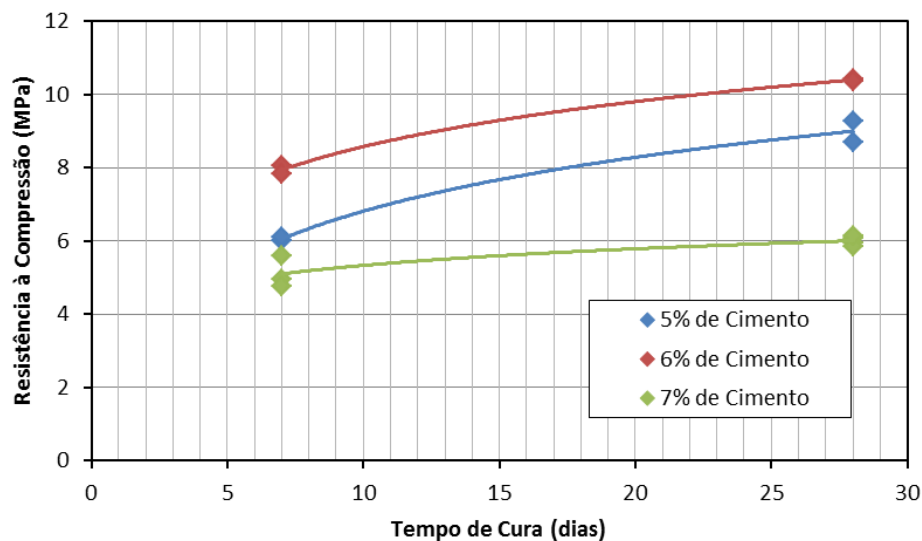
- Resistência à tração (RT)
- Resistência à compressão simples (RCS)
- Módulo de resiliência (MR)



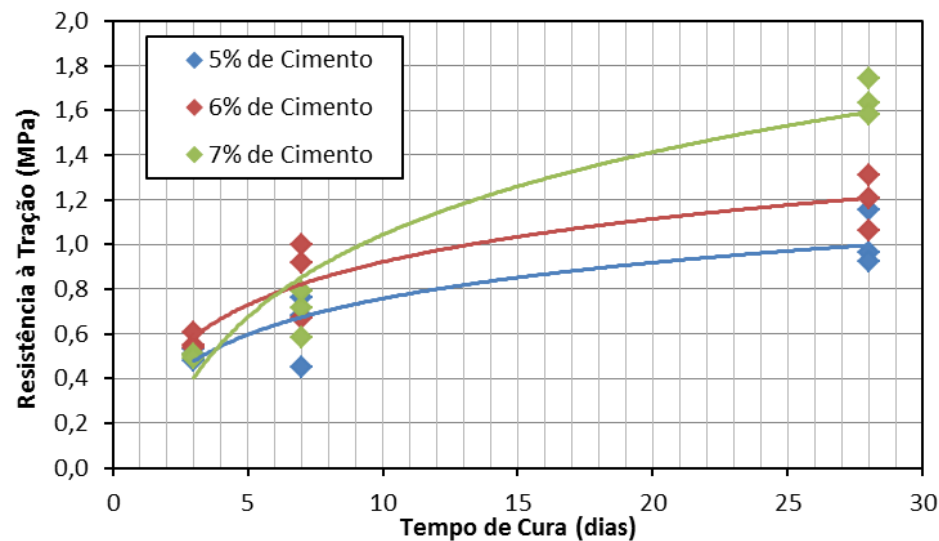
## RECICLADO COM CIMENTO

### Caracterização mecânica das misturas recicladas com cimento

- Resistência à tração (RT)
- Resistência à compressão simples (RCS)
- Módulo de resiliência (MR)



Resistência à compressão simples (RCS)

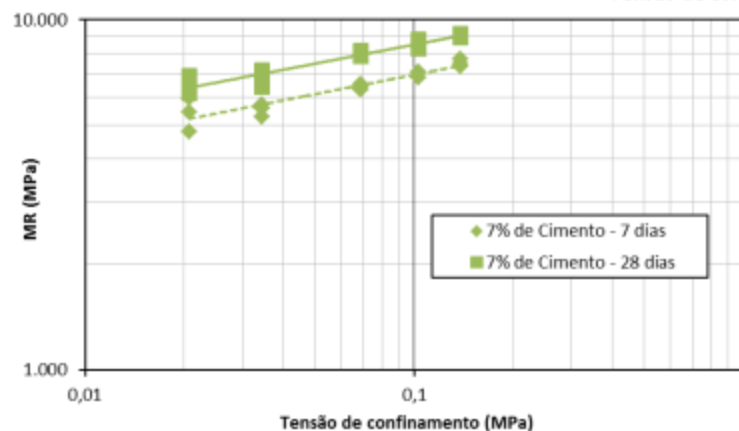
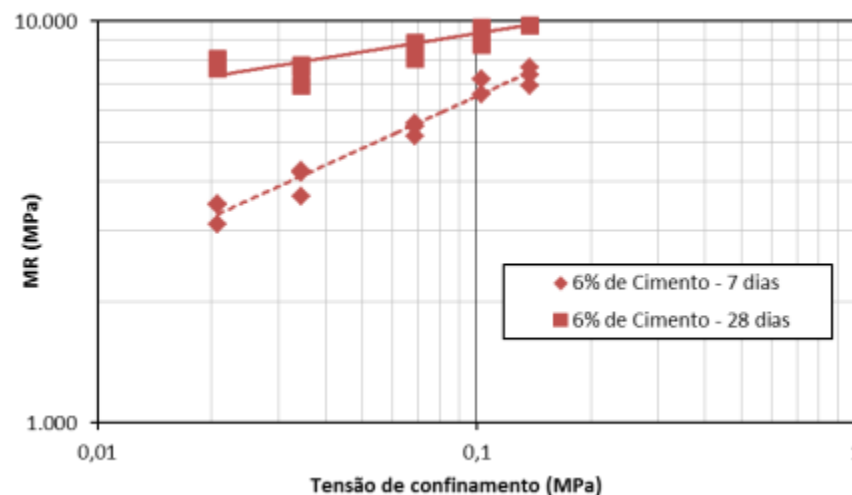
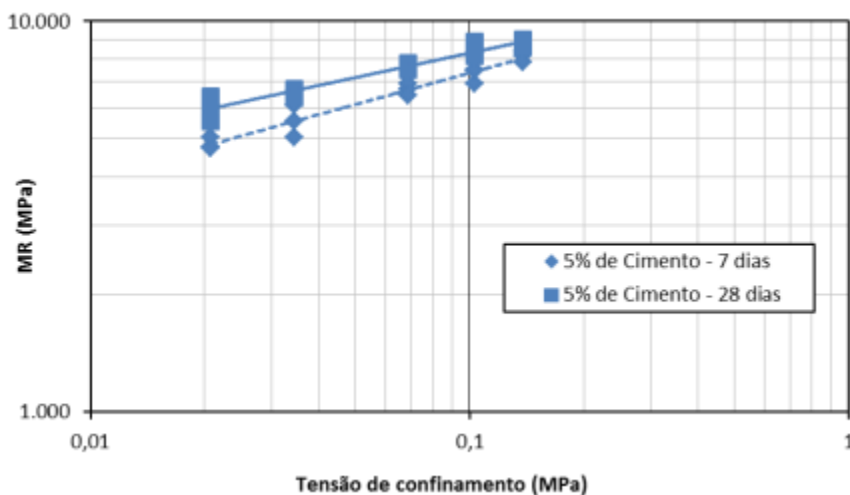


Resistência à tração (RT)

## RECICLADO COM CIMENTO

### Caracterização mecânica das misturas recicladas com cimento

- Resistência à tração (RT)
- Resistência à compressão simples (RCS)
- Módulo de resiliência (MR)



## RECICLADO COM EMULSÃO

### **Dosagem das misturas asfálticas recicladas a frio com emulsão**

- Variação no método de compactação: Marshall e Proctor
- Variação nos teores de: emulsão, cimento e água
- Variação no tipo de ligante hidráulico: cimento e cal
- Variação na temperatura e no tempo de cura

### **Caracterização mecânica das misturas asfálticas recicladas a frio com emulsão**

- Módulo de resiliência convencional
- Módulo de resiliência triaxial
- Resistência à tração
- Resistência à compressão simples

## RECICLADO COM EMULSÃO

Efeito da cura nas propriedades mecânicas

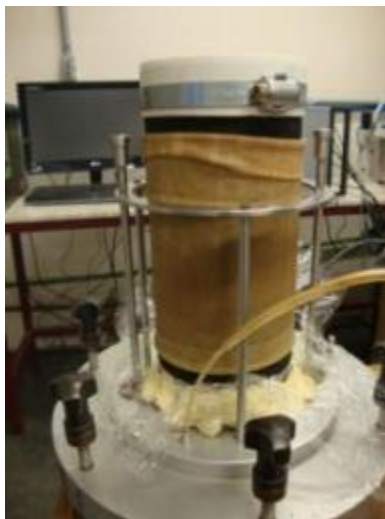
(cura convencional a 25°C por 7, 28, 60 e 90 dias)



## RECICLADO COM EMULSÃO

Efeito da cura nas propriedades mecânicas

(cura convencional a 25°C por 7, 28, 60 e 90 dias)



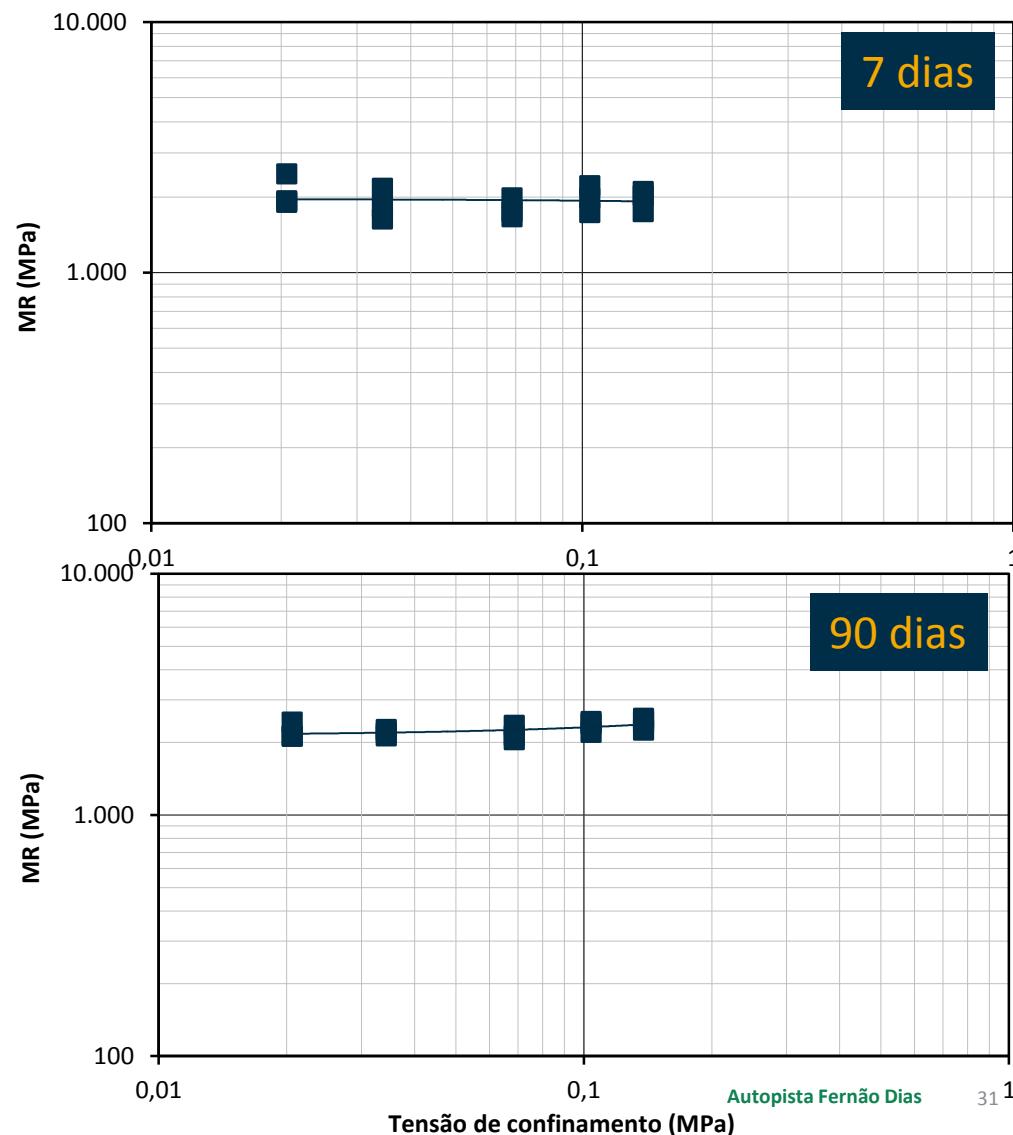
Módulo de resiliência triaxial

## RECICLADO COM EMULSÃO

### Efeito da cura nas propriedades mecânicas

(cura convencional a 25°C por 7, 28, 60 e 90 dias)

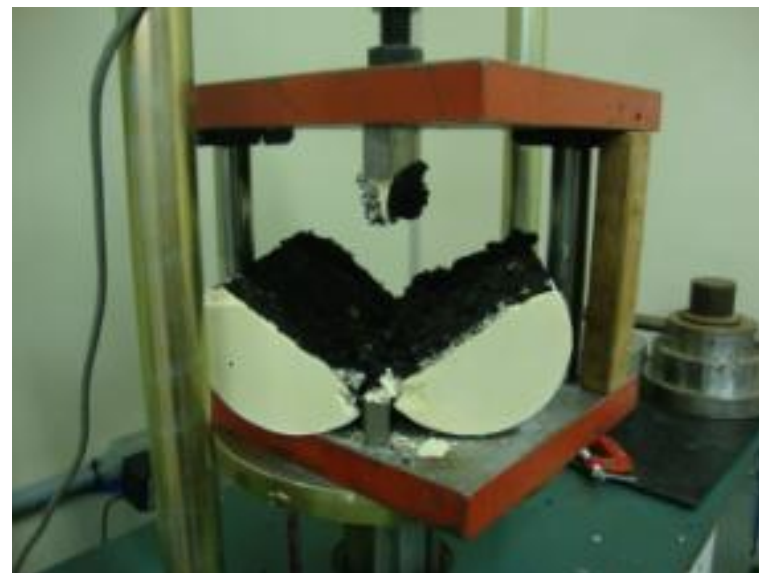
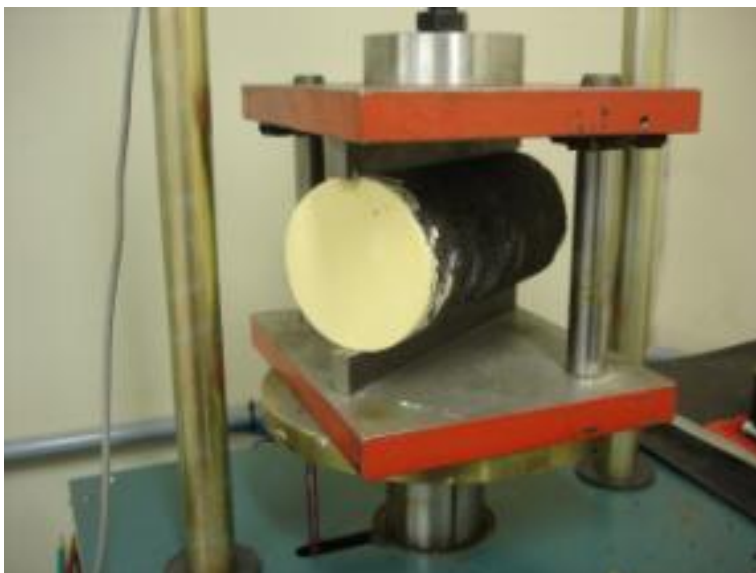
Tempo de cura (dias)	Média (MPa)	Desvio padrão (MPa)	CV (%)
7	1981	227	11,44
28	2452	174	7,10
60	2550	189	7,40
90	2336	311	13,29



## RECICLADO COM EMULSÃO

Efeito da cura nas propriedades mecânicas

(cura convencional a 25°C por 7, 28, 60 e 90 dias)



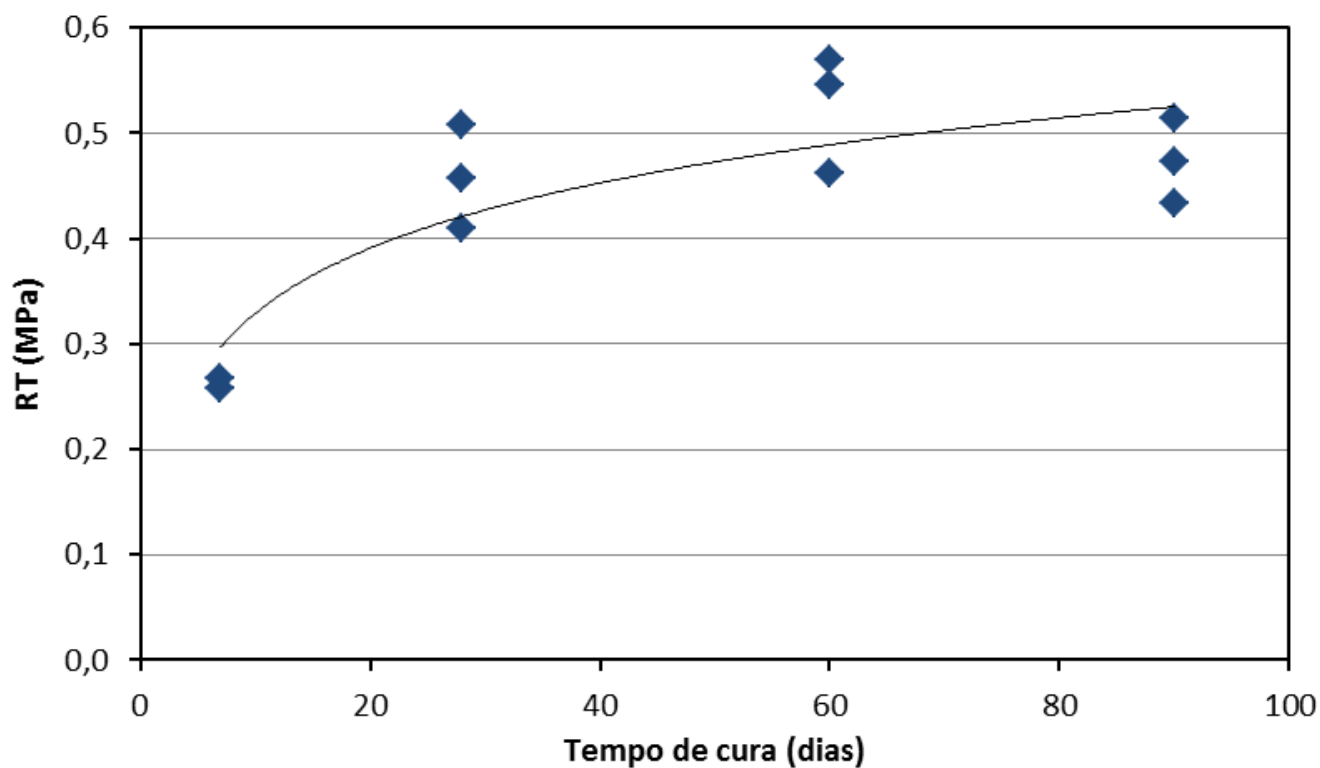
Resistência à tração (RT)



RECICLADO COM **EMULSÃO**

Efeito da **cura** nas propriedades mecânicas

(cura **convencional** a 25°C por 7, 28, 60 e 90 dias)

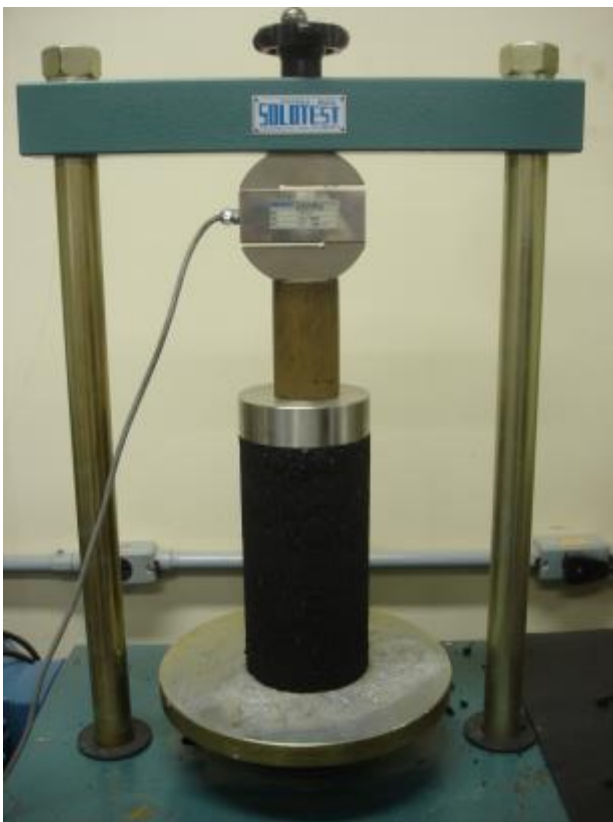


Resistência à tração (RT)

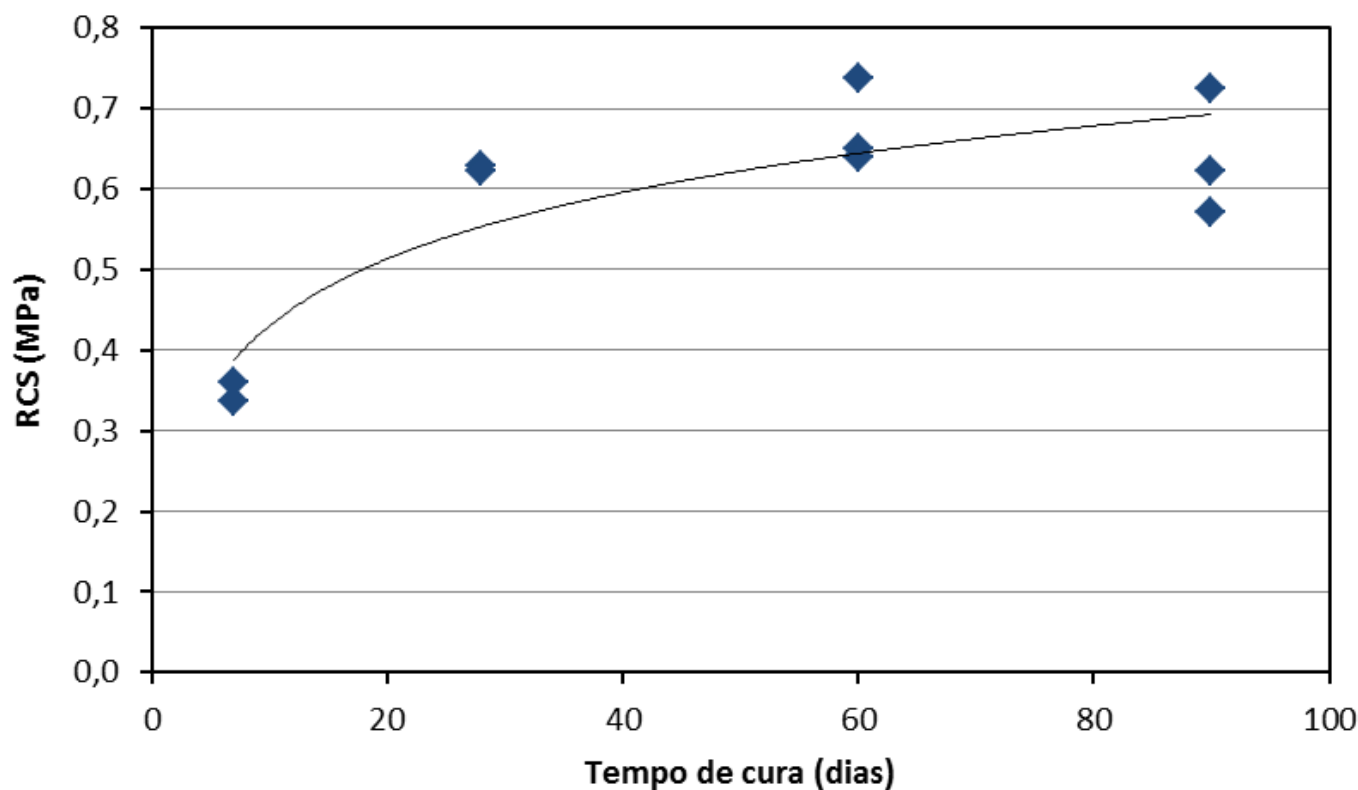
## RECICLADO COM EMULSÃO

Efeito da cura nas propriedades mecânicas

(cura convencional a 25°C por 7, 28, 60 e 90 dias)



Resistência à compressão simples (RCS)

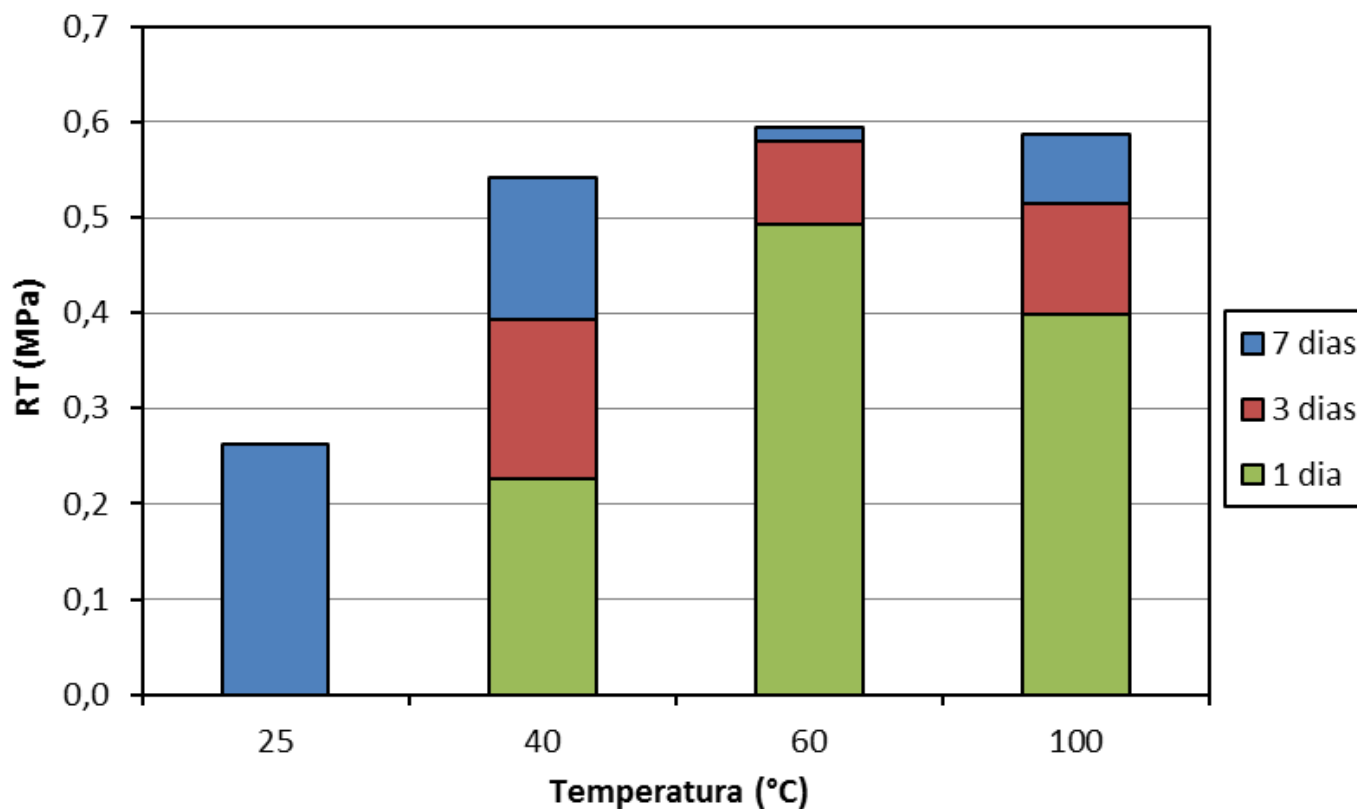
RECICLADO COM **EMULSÃO**Efeito da **cura** nas propriedades mecânicas(cura **convencional** a 25°C por 7, 28, 60 e 90 dias)

Resistência à compressão simples (RCS)

RECICLADO COM **EMULSÃO**

Efeito da **cura** nas propriedades mecânicas

(cura **acelerada** a 40, 60 e 100°C por 1, 3 e 7 dias)

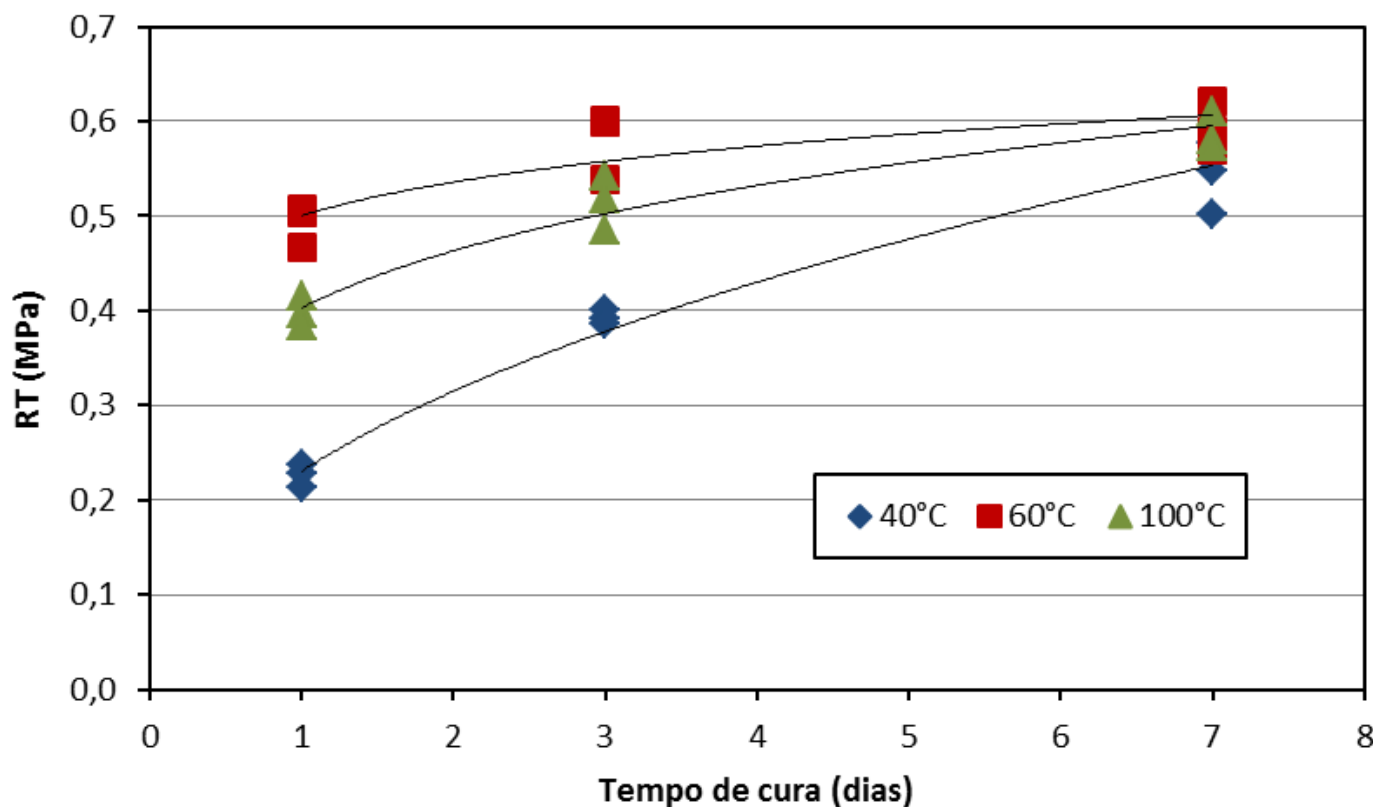


Resistência à tração (RT)

RECICLADO COM **EMULSÃO**

Efeito da cura nas propriedades mecânicas

(cura acelerada a 40, 60 e 100°C por 1, 3 e 7 dias)

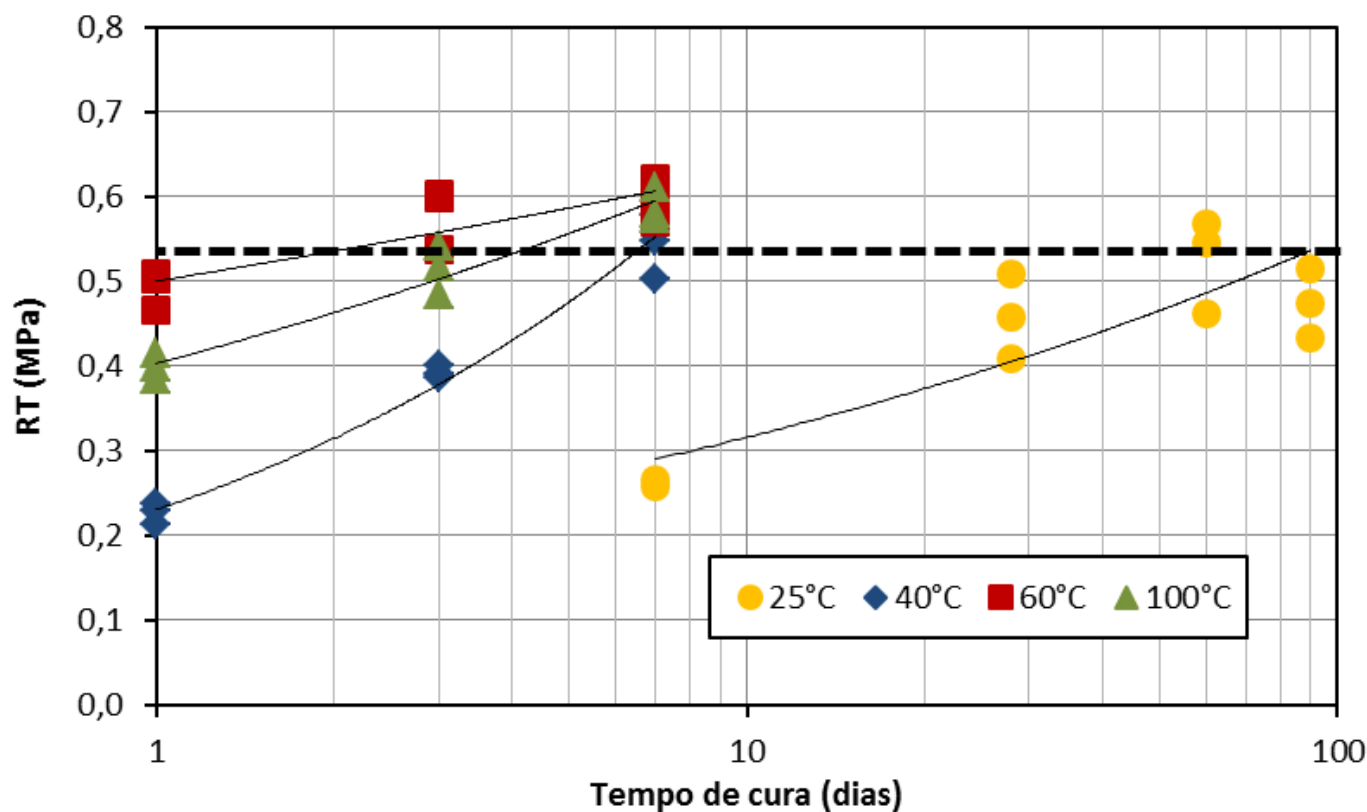


Resistência à tração (RT)

RECICLADO COM **EMULSÃO**

Efeito da cura nas propriedades mecânicas

(cura acelerada a 40, 60 e 100°C por 1, 3 e 7 dias)



Resistência à tração (RT)

# 4

## Considerações Finais

- Considerações sobre a **variabilidade dos materiais** a serem reciclados na **dosagem das misturas**.
- O **processo de cura resulta de vários mecanismos**: ruptura da emulsão, perda de umidade e hidratação de compostos cimentícios.
- Vários fatores que influenciam a cura em campo de misturas recicladas, sendo difícil padronizar e reproduzir em laboratório. São eles: **composição da mistura, etapas construtivas adotadas, espessura da camada e fatores ambientais**.



Muito obrigado

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

Autopista Fernão Dias

---

 arteris