

Reutilização de Material Fresado em Camadas Estruturais de Pavimento

João Pedro Vieira e Moreira

Paulo Pereira

António Gomes Correia



IV Congresso Rodoviário Português – Abril 2006

Conteúdo

- **A Reutilização de Material Fresado - FPC**
- **Estudos de Formulação em Laboratório**
- **Dimensionamento de um Pavimento**
- **Estudo Económico**
- **Trecho Experimental**
- **Conclusões**

A Reutilização de Material Fresado

- Necessidade de Reabilitar
- Fresagem de Pavimentos
 - Reposição com novas misturas betuminosas
- Reutilização do material fresado
 - Outra parte da estrutura de pavimento
 - Outro tipo de pavimento
 - Camadas inferiores de base
 - Camadas de base obras ferroviárias



Mistura de Material Fresado com Pó de Pedra e Cimento (FPC)

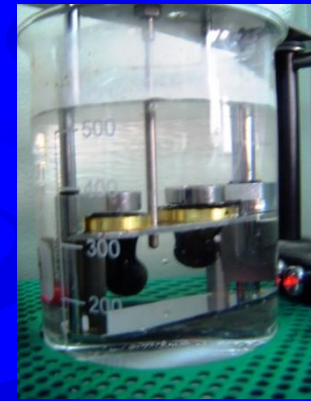
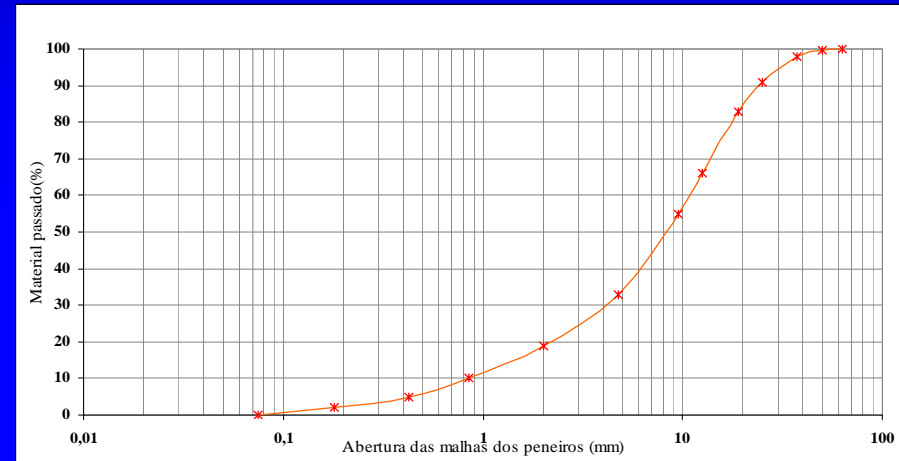
- **Reutilizar em novas camadas**
- **Objectivo FPC:**
 - Reutilizar resíduos
 - Valor económico reduzido
 - Aumentar a capacidade de carga
 - Reduzir o consumo de materiais novos
 - Proteger o ambiente

Estudos de Formulação em Laboratório

Caracterização dos Materiais

- Material Fresado
 - Análise Granulométrica - GW
 - Quantidade de Betume – 4,4%
 - Análise do Betume
 - Pen25
 - TA&B
- Pó de Pedra
- Cimento Portland ECLII – 32,5 N
 - Pouco reactivo
 - Utilizado em misturas de solo-cimento

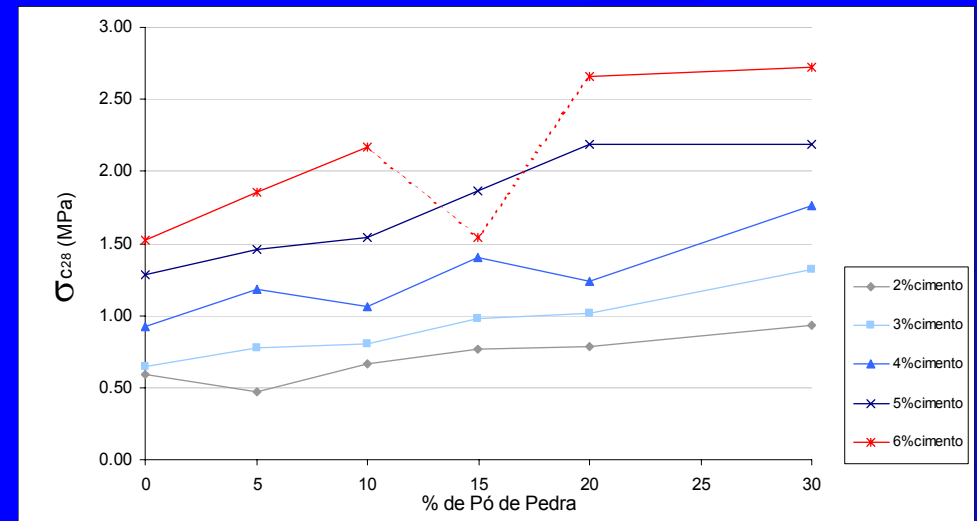
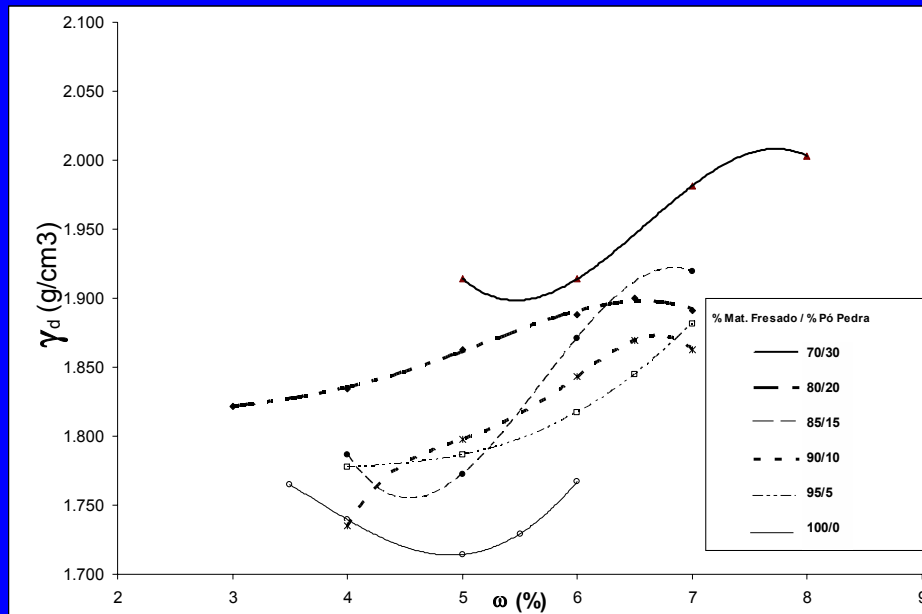
10/20



Estudos de Formulação em Laboratório

Mistura de Materiais

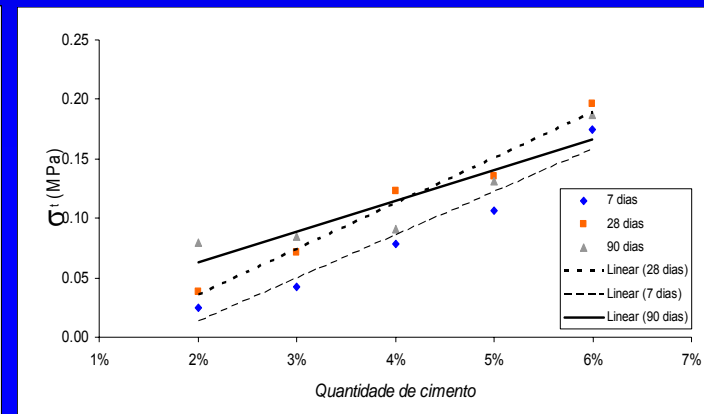
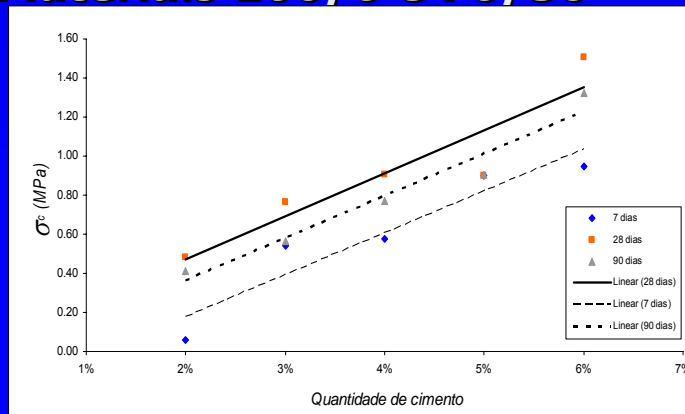
- Comportamento das Misturas
- % Material Fresado / % Pó de Pedra
- Quantidade de cimento: 2 a 6%



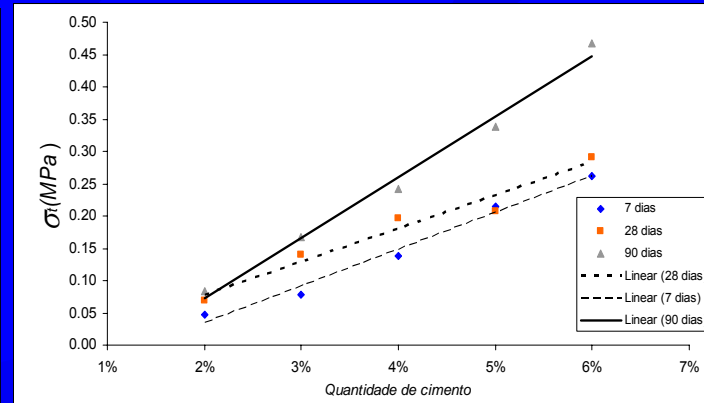
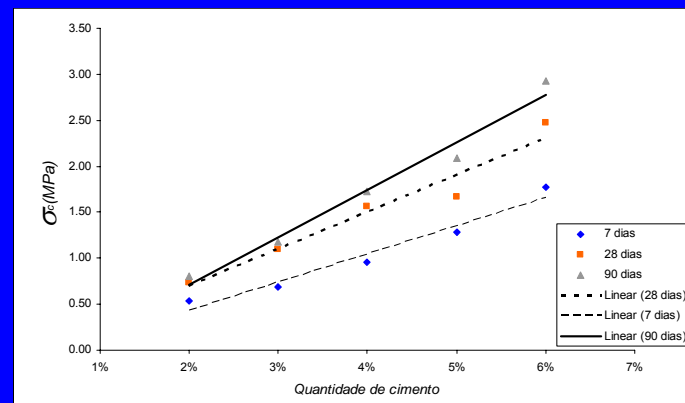
Estudos de Formulação em Laboratório

Mistura de Materiais 100/0 e 70/30

• 100/0

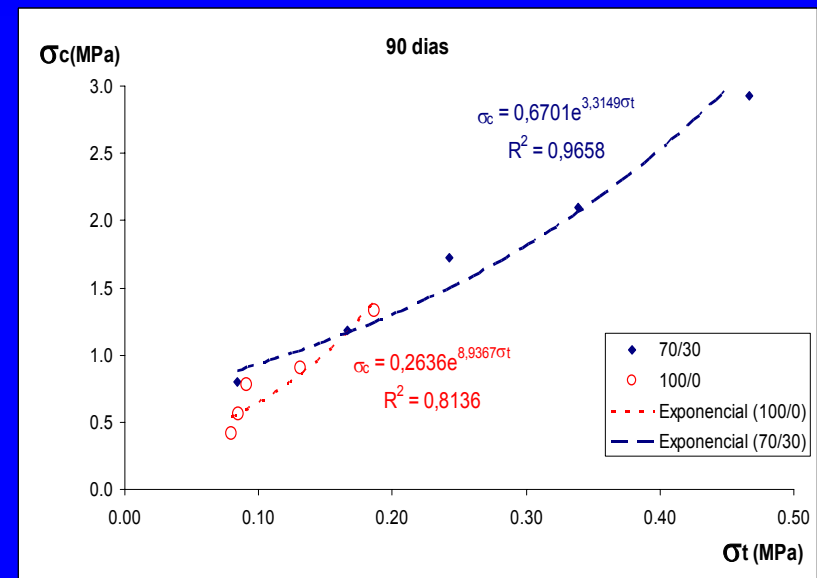
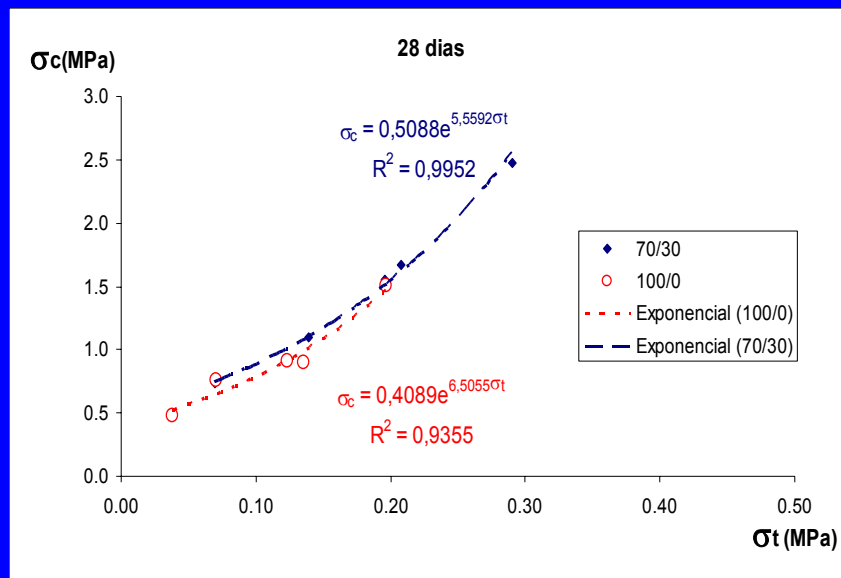


• 70/30



Estudos de Formulação em Laboratório

Relação σ_c / σ_t

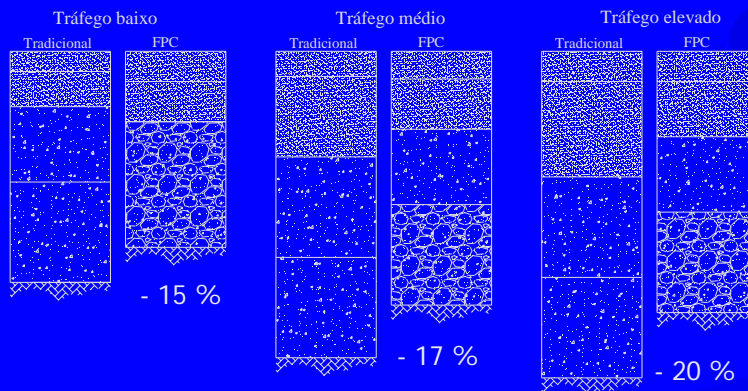


Dimensionamento de um Pavimento

Dados

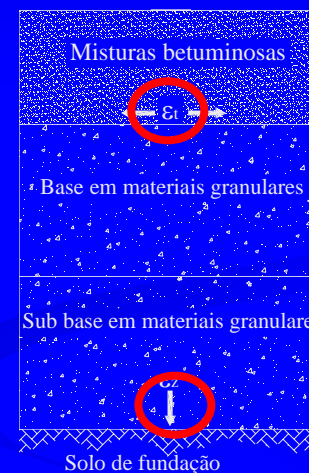
- $V=50$ Km/h
- Tráfego
 - Baixo (T5)
 - Médio (T3)
 - Elevado (T1)
- Zona Centro de Portugal Continental

Resultados



Misturas betuminosas ABGE (Tout-Venant) FPC (Material Fresado com Pó e Cimento)

Tradicional



FPC



Reutilização de Material Fresado em Camadas Estruturais de Pavimento

Estudo Económico

Custos de Execução

Materiais
 Equipamento
 Mão-de-obra

Custo da camada ABGE

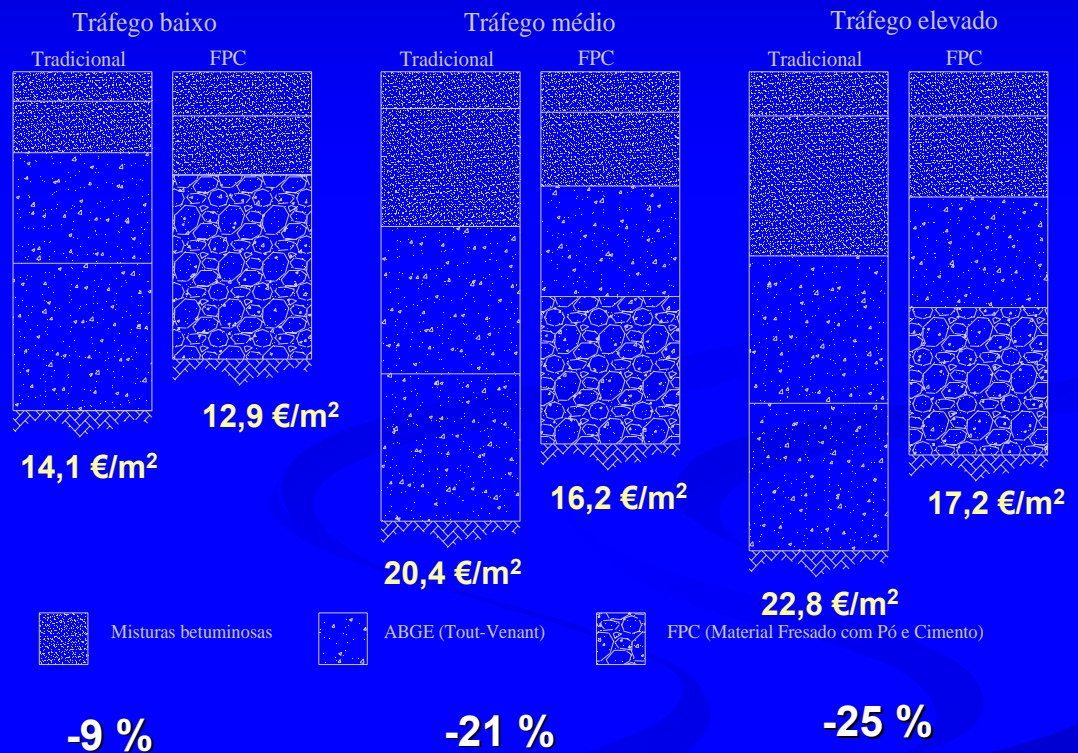
$$e = 0,15 \text{ m} \rightarrow 3,30 \text{ €/m}^2$$

$$e = 0,20 \text{ m} \rightarrow 4,10 \text{ €/m}^2$$

Custo da camada FPC

$$e = 0,20 \text{ m} \rightarrow 3,66 \text{ €/m}^2$$

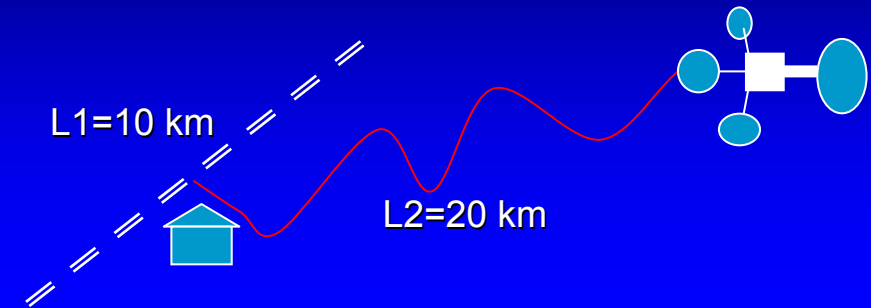
$$e = 0,25 \text{ m} \rightarrow 4,41 \text{ €/m}^2$$



Estudo Económico

Custo para o utente

- Quantidade de materiais que se deixam de transportar
- Redução da velocidade do tráfego
- Custo do utente
- Custo dos utentes



Tráfego baixo	21330 ton
Tráfego médio	33455 ton
Tráfego elevado	41445 ton

$V_i = 50 \text{ km/h}$	+ 6 min/viagem
$V_f = 40 \text{ km/h}$	+ 12 min/dia

Custo utente = 10€/h	+ 2,0 €/dia
----------------------	-------------

Tráfego baixo	4500 €/dia
Tráfego médio	13000 €/dia
Tráfego elevado	32000 €/dia

Reutilização de Material Fresado em Camadas Estruturais de Pavimento

Trecho Experimental

Execução

Espalhamento fresado e pó



Espalhamento cimento



Mistura de Materiais



Nivelamento da Mistura



Compactação



Rega de Cura



Reutilização de Material Fresado em Camadas Estruturais de Pavimento

Trecho Experimental

Estrutura de Pavimento

- Tráfego Médio; $v=50$ km/h

Secção A

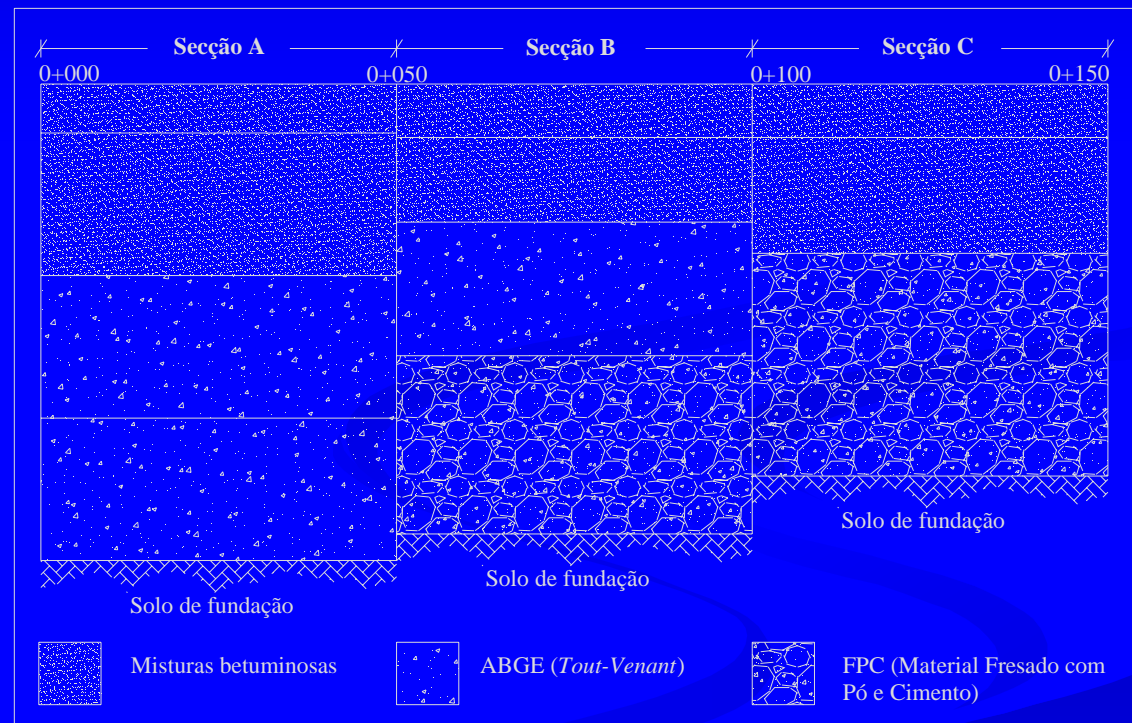
BBDesgaste	5 cm
Macadame	16 cm
ABGE Base	20 cm
ABGE Sub-Base	20 cm

Secção B

BBDesgaste	5,5 cm
Macadame	10 cm
ABGE Base	15 cm
Sub-Base FPC	20 cm

Secção C

BBDesgaste	6 cm
Macadame	13 cm
Base FPC	25 cm



FPC
70/30 + 6% cimento

Trecho Experimental

Ensaaios

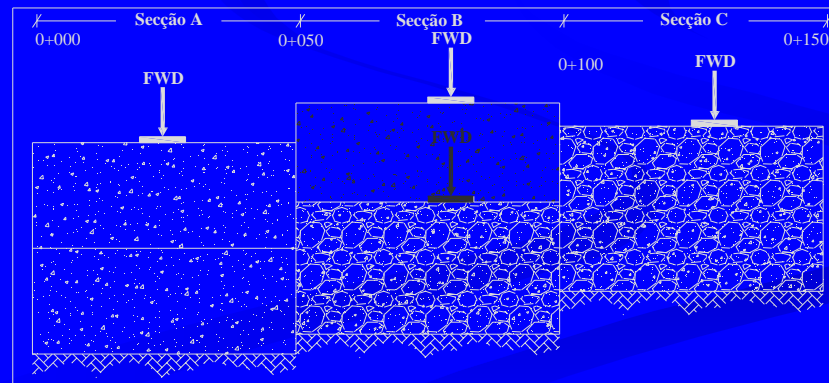
- γ_d (g/cm³)
- ω (%)



- σ_c (MPa)
- σ_t (MPa)



- Falling Weight Deflectometer (FWD) → E (MPa)



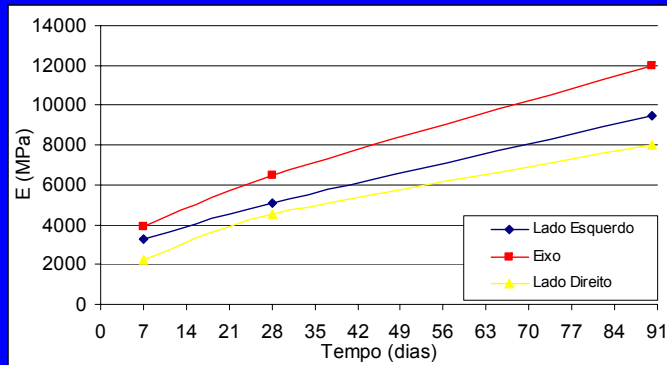
Reutilização de Material Fresado em Camadas Estruturais de Pavimento

Trecho Experimental

Resultados

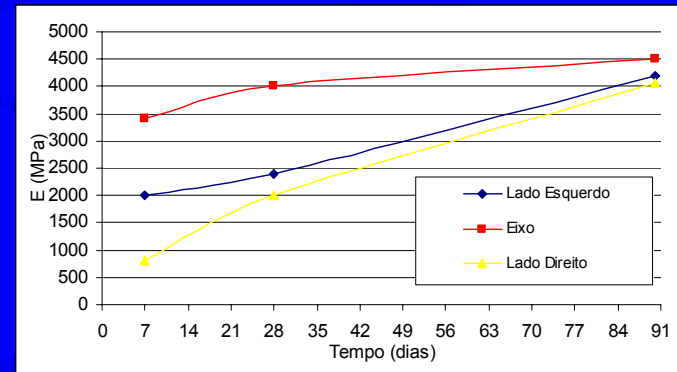
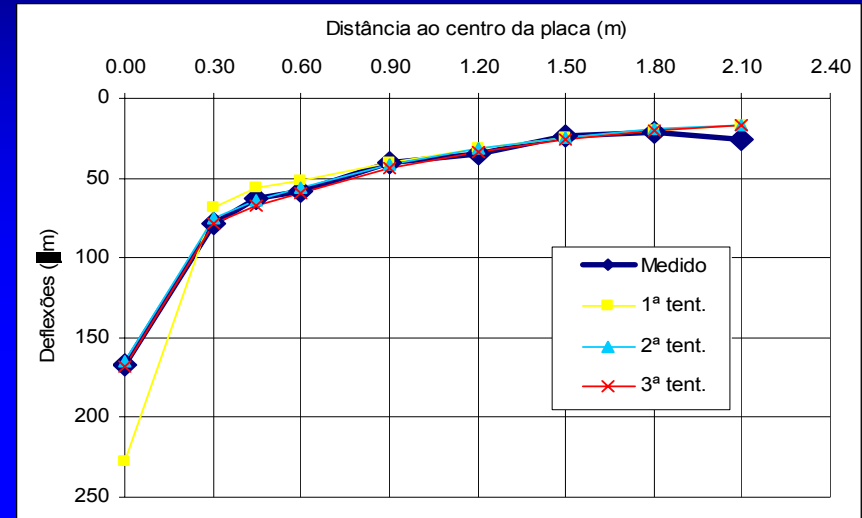
7 dias
 Campanha FWD 28 dias
 Deflectogramas 90 dias
 Rectro-análise

Módulo de deformabilidade E_{FPC} (MPa)



Trecho B $6800 < E_{FPC28}$ (MPa) < 9500

$E_{FPC28} > 2000$ MPa



Trecho C

Conclusões

- A qualidade dos constituintes do material fresado influencia comportamento da mistura
- A adição do pó de pedra e do cimento é fundamental
30% de pó de pedra ($\gamma_d \uparrow$; $\omega \uparrow$) \Leftrightarrow solo bem graduado.
- Adição de cimento $\Leftrightarrow \sigma_c \uparrow$; $\sigma_t \uparrow$
- Adição de pó de pedra $\Leftrightarrow \sigma_c \uparrow$; $\sigma_t \uparrow$
- Para cumprir requisitos do Macopav
70% de material fresado / 30% de pó de pedra + 6% de cimento Portland, CEMII - 32,5N
- Camada com rigidez superior
Reduz espessura do pavimento
Reduz quantidade de ABGE e Misturas betuminosas
- Solução economicamente viável
Redução de custos de construção entre 9 e 25 %
- Módulo de deformabilidade
 $E_{FPC}(FWD) > E$ (Macopav)
- Essencial um rigoroso controlo de qualidade dos processos de construção da mistura
- Técnica ambientalmente justificável