

# 5<sup>as</sup> JORNADAS BETUMES



Construindo Caminhos

8 de março 2018  
Fundação Oriente





A decorative graphic on the right side of the slide. It features a large, stylized green leaf at the top, from which a winding road in shades of green and yellow emerges. The road has a white dashed line down its center and curves downwards and to the right.

# Caso de Estudo

EN244 – Beneficiação entre Ponte de Sor e o entroncamento com a EN118 (Gavião), km 82+544 – km 58+380.

Avaliação do comportamento de uma mistura reciclada, em central, semitemperada, próximo do ano horizonte.

# Desafio de Reabilitação de Pavimentos

- A partir dos anos 90 a IP,SA (à época Junta Autónoma das Estradas-JAE) consciente da importância da Conservação/Beneficiação e Reabilitação das infraestruturas rodoviárias existentes inicia a implementação de novas tecnologias.

## Reciclagem de Pavimentos:



- Quente, em central
- Semiquente, em central (atualmente designada por semitemperada)
- Frio, “in situ”

# Reciclagem “semiquente”, em central

- Reciclar até 100% de material fresado
- Misturar em central = > controle da mistura final
- Usar uma temperatura de fabrico da mistura (80°C a 90°C)
- Possibilitar a armazenagem (24h)
- Abrir imediatamente ao tráfego
- Aproveitamento das vantagens das duas técnicas anteriores:
  - Frio (“in situ”)
  - Quente (em central)

# Reciclagem “semiquente”, em central

## Vantagens Ambientais:

- Menor consumo de energia ( 80°C -90°C)  160°C (tradicional)
- Menor consumo de emulsão (2% a 3%)  5% (betume – tradicional)
- Menores volumes a vazadouro e menores volumes de inertes utilizados

# Cronograma

- Fase de projeto (D. E. Portalegre e DVATE/Évora):
  - 2006
  - Dimensionamento de pavimento:
    - Ano de entrada em serviço:2007
    - Ano horizonte:2017
- Fase de construção (COCS):
  - Data de consignação: 05-06-2008
  - Data de término: 20-07-2009
- Fase de exploração (COCS):
  - Início: 21-07-2009

# Anteprojeto da EN244

- Solução A:

- 75% da extensão → Fresagem entre 0,05m – 0,10m de profundidade com preenchimento em mistura betuminosa com uma espessura média de 0,075m
- 25% da extensão → Aplicação com geotêxtil impregnado

- Solução B

- 100% da extensão → fresagem de 0,07m (profundidade máxima a que se espera encontrar a generalidade das fissuras), com transporte para central do material fresado e posterior correção da mistura, com reaplicação da mistura já corrigida através da técnica reciclagem semiquente.

Ambas as soluções teriam uma camada sobrejacente em betão betuminoso.

Custos idênticos → 30/06/2006: aprovação D.DCR

# Características gerais do projeto

- EN244
  - Extensão: 24,164 km (22,389km\_ Reciclagem+ 1, 569km\_sol.trad+ 0,2km)
  - Características geométricas: PTT: 1,00-6,00-1,00
  - Classe de tráfego: T6=>T5
  - Zonas Urbanas: S. Bartolomeu, Vale do Arco, Tom, Escusa, Rosmaninhal e Barreiras (aprox: 4,5km)
  - Trabalhos preconizados:
    - Construção de passeios em zonas urbanas
    - Execução de órgãos de drenagem e limpeza dos existentes
    - Execução dos trabalhos de pavimentação
    - Execução de trabalhos de sinalização/segurança
  - Estimativa orçamental: 3, 6 milhões de euros



# Estudo do Pavimento\_CSE

## **Histórico de Intervenções:**

- 1987 - 0,14m de misturas betuminosas a quente: 0.06cm de desgaste + 0,08m de regularização;
- 1974/75 – Revestimento simples
- 1959 – Revestimento superficial duplo
- 1955/57 – 0,18m de macadame hidráulico

## **Inspeção visual:**

- fendilhamento generalizado, de nível I, II e III, em toda a extensão com grandes zonas com pele de crocodilo
- Deformações e rodeiras, muito pontuais

## **Sondagens ao pavimento:**

- 11 sondagens ao longo do troço, todas com fissuras na 1ª camada e 2 delas com fissura nas duas camadas
- Média de espessuras de MBQ: 14cm

# Estudo do Pavimento

- Realizou-se um estudo de formulação, a nível de projeto, de modo a termos uma ideia das características mecânicas da camada reciclada e o módulo de deformabilidade expectável.
- O estudo iniciou-se por executar uma fresagem do pavimento em dois locais distintos, numa espessura de 0,07m e levou-se a central para elaboração da mistura, com a adição de emulsão na ordem dos 3% sobre o material fresado.
- A mistura foi submetida ao ensaio de compressão simples em imersão/compressão, com dois tipos de compactação: pesada-17 t e leve – 6 t, do qual proporcionou os seguintes valores respetivamente:
  - Resistência à compressão simples, a seco = 2.945 Kgf e 2.214 kgf
  - Resistência à compressão simples, depois da imersão em água = 2.651 kgf e 1.847 kgf
  - Resistência conservada = 90% e 83%
  - O módulo de deformabilidade dinâmico calculado para a mistura reciclada foi de 5.479 MPa no caso de compactação pesada (18,5 t) e de 4.682 MPa para a compactação leve (6 t).
- Para o dimensionamento de pavimento adotou-se o valor de 4.682 MPa.

# Estudo de Pavimento

- Soluções de pavimento
  - Solução base de reforço com fresagem prévia de 0,07m de espessura:
    - Camada de desgaste, em MBQ, betão betuminoso, com 0,05m de espessura;
    - Camada de ligação, em mistura betuminosa reciclada, com 0,07m de espessura.
  - Outros trabalhos:
    - Saneamentos de pavimentos
    - Aprofundar a fresagem de pavimento
    - Outras soluções de pavimentação: gares, serventias, etc

# Fase de construção

## Custos do Contrato

- Extensão : 24.2 km
- Valor global: 2.775.386,54 €
- 2 668 951,65€ => 110 287 €/km

TRABALHOS	TOTAL PARCIAL	PERCENTAGEM
TERRAPLENAGENS	12 433,00€	0,4%
DRENAGEM	418 369,50 €	15,1%
PAVIMENTAÇÃO	1 927 789,79€	69,5%
OBRAS ACESSÓRIAS	185 885,00€	6,7%
SINALIZAÇÃO/SEGURANÇA	214 147,05€	7,7%
DIVERSOS	16 765,20€	0,6%





# Fase de Construção



# Fase de Construção

Área de Pavimentação: 193 316m<sup>2</sup>

- Solução A versus Solução B

- Solução A:

- 75% da extensão: fresagem + preenchimento, de igual espessura, em mistura betuminosa a quente ( MBD ou MB)
      - 7,93€/m<sup>2</sup> – 8,49€/m<sup>2</sup>
      - 1 149 746,25€ - 1 230 939,63€
    - 25% da extensão: aplicação de geotêxtil impregnado
      - 144 987,00€ - 193316,00€
    - Custo da Solução A : 1294 733,25 € - 1375 926,63€
    - Custo da Solução A (100% de fresagem) : 1 532 995,88€ - 1641 252,84€

- Solução B: reciclagem “semiquente”, em central, com emulsão Reciemo CL-2 90
    - Custo do contrato: 3,90€/m<sup>2</sup> =>753.932,40 €

# Fase de Exploração

## Índice de Qualidade

Localização	IQ_2003	IQ_2009-10
Km 58+380 – km 82+544	2,31	3,86
Troço de reciclagem ( km 58+585 – km 80+975)	2, 28	4,05
Troço de solução tradicional (km 80+975 – km 82+ 544)	2,11	2,38



# Fase de Exploração



Foto 1: Aspeto geral - zona urbana de Barreiras (sem reciclagem), com fendilhamento longitudinal de gravidade média.

Foto 2: Aspeto geral na EN244, km80





# Fase de exploração

## Avaliação das Características Funcionais

Parâmetros	Valores médios da seção (km 58+387 – km 74+560)	Observações (data de inspeção: maio de 2017)
IQ	3,64	Bom (3,5-5,0)
IRI	1,5 m/km	59% da extensão < 1,5m/km 49% da extensão: 1,5m/km – 2,5m/km
Rodeira	2,9mm	100%: <5mm
Macrotextura	0,93 MPD	96%: 0,7MPD-1,0MPD 4%: > 1,0 MPD
Área de Fendilhamento, pele de crocodilo	1%	< 5% da extensão

# Fase de Exploração

- Sondagens ao pavimento (15)
  - Espessuras de misturas betuminosas: 0,165m – 0,197m
    - Camada de desgaste, em batão betuminoso, (0,038m- 0,051m)
    - Camada de ligação, reciclada, (0,038m- 0,080m)
    - Misturas betuminosas pré-existentes, (0,06m- 0,107m)
  - Das 15 sondagens duas com fissuração em toda a profundidade



# Fase de exploração



# Fase de Exploração\_ Ensaios Laboratoriais

	Resultados	Referência Normativa
Ligante extraído	6,3% - 6,8%	UNE-EN 12697-1
Granulometria	#22,4 – 100% passado #16 – 98% #8 – 79% #4 – 63,3% #2 – 51,4% #0,5 – 27,8% #0,25 – 19,9% #0,063 -9,7%	
Características do ligante	25-0,1mm 63°C	UNE-EN 1426 UNE-EN 1427
Módulo de d. dinâmico	5100 Mpa	UNE- EN 12697-26
Sensibilidade à água	Densidade: 2,325g/cm3 ITSw: 2,586 KN ITSd: 2,264 KN ITSR: 87,5% (≥ 80%)	UNE-EN 12697-12



# Conclusões

- As vantagens ambientais apontadas em fase de projeto, na sua generalidade, validadas nas fases posteriores, nomeadamente o aproveitamento de 100% do material.
- Custos: A Solução B => 40% inferior à Solução A (no cenário mais desfavorável para a solução B)
- Após 8 anos de vida útil apresenta um IQ= 3,65 (Bom), com área de fendilhamento, tipo pele de crocodilo, inferior a 5% (1%)
- Os ensaios ao ligante indicam envelhecimento moderado, a adesividade e resistência à água com resultados muito bons

# Perspetivas futuras

---

- Avaliação do Comportamento da mistura reciclada semitemperada no final da vida útil (ciclo de 10 anos que termina no próximo ano) com a participação de todas as entidades que estiveram envolvidas em fase de projeto, construção e exploração para um estudo mais pormenorizado, nomeadamente LNEC, empreiteiro, etc.
- Eventual reformulação das especificações técnicas estipuladas no CETO da IP,SA.
- Implementação da técnica reciclagem semitemperada em diferentes condições de tráfego, estruturas de pavimentação existente, etc.

# Obrigada pela atenção

- Contactos:

[anabela.martins@infraestruturasdeportugal.pt](mailto:anabela.martins@infraestruturasdeportugal.pt)

Unidade de Pavimentação e Drenagem  
Departamento de Geologia e Geotecnia  
Direção de Engenharia e Ambiente  
IP,SA,