



SISTEMAS DE RECICLAGEM A QUENTE  
COM ALTA TAXA DE MISTURA  
BETUMINOSA FRESADA ( 50% RAP)

---

---

- **Economia de energia e materiais;**
- **Melhorias estruturais mantendo a rasante;**
- **Reabilitação estrutural de faixas de rodagem individuais;**
- **Conservação meio-ambiental.**

# COMPONENTES DO BETUME

<b>Fracção</b>	<b>Reactividade Química</b>	<b>Função Principal</b>	<b>Grupo</b>
<i>Asfaltenos</i>	Baixa	Agente de estrutura	Asfaltenos
<i>Bases nitrogenadas</i>	Alta	Peptizante	Maltenos
<i>Primeiras Acidafinas</i>	Alta	Dissolvente	Maltenos
<i>Segundas Acidafinas</i>	Baixa	Dissolvente	Maltenos
<i>Saturados</i>	Baixa	Gelificante	Maltenos

- Relação de Reactividade Química

$$\text{CRR} = \frac{N + A1}{P + A2} \quad 0,4 \ll 1,5$$

- Instabilidade Coloidal

$$I_c = \frac{A_s + P}{N + A1 + A2} < 1$$

- Compatibilidade rejuvenescedor

$$C = \frac{N}{P} > 0,5$$

- **Restaurar a composição óptima do betume envelhecido para manter a durabilidade da mistura.**
- **Conduzir o betume envelhecido a uma consistência (Penetração) adequada.**
- **Satisfazer o conteúdo adequado de ligante da mistura.**

- **Reconhecimento da estrada;**
- **Recolha de amostras;**
- **Caracterização dos materiais;**
- **Decisão sobre a viabilidade técnica da reciclagem;**
- **Formulação da mistura.**

## RESULTADOS DA ANÁLISE DOS BETUMES EXTRAÍDOS

Ensaio	Norma	Unidade	TRECHO I	TRECHO II
Penetração a 25°C, 5s, 100g	NLT-124	1/10mm	9	18
Ponto de amolecimento	NLT-125	°C	74.5	65.4
Índice de penetração	NLT-181		0.1	-0.1
Composição por cromatografia de coluna:	ASTM D-2006	%		
Asfaltenos			38.24	31.39
Polares			26.02	30.38
1ª Acidafina			7.86	7.87
2ª Acidafina			17.85	20.52
Saturados			10.03	9.84
CRR			1,21	1,25
Ic			0,93	0,70

## CARACTERÍSTICAS DO REJUVENESCEDOR DESENVOLVIDO

	Unidade	Rejuvenecedor
Método		
Dissolvente		
Penetração 25°C, 100g, 5s	1/10 mm	104
Ponto de amolecimento	°C	43.5
Índice de penetração		-1.2
Asfaltenos	%	15.82
Polares	%	19.99
1ª Acidafina	%	22.20
2ª Acidafina	%	27.98
Saturados	%	14.01
Valor de C		1,43

# RECICLAGEM A QUENTE. CRITÉRIOS DE FORMULAÇÃO.

CARACTERÍSTICA		CATEGORIA DE TRÁFEGO PESADO			
		T00 e T0	T1 e T2	T3 e bermas	T4
ESTABILIDADE (kN)		>15	>12,5	>10	8-12
DEFORMAÇÃO (mm)		2-3	2-3,5		2,5-3,5
VAZIOS NA MISTURA (%)	Camada de desgaste	4-6		3-5	
	Camada intermédia	4-6	5-8	4-8	4-8
	Camada de base	5-8	6-9	5-9	
VAZIOS NOS AGREGADOS (%)	Misturas 12	≥15			
	Misturas 20 e 25	≥14			

# FÓRMULAS DE TRABALHO ESTUDADAS



	Mistura	% RAP	% ligante no RAP	Penetração do ligante de RAP	% ligante final na mistura
Fórmula I	S-20	<b>50</b>	4.4	9	4.8
Fórmula II	G-20	<b>50</b>	3.85	9	4.0
Fórmula III	S-20	<b>50</b>	4.4	18	4.8
Fórmula IV	G-20	<b>50</b>	3.85	18	4.0

# **RECICLAGEM A QUENTE. RESULTADOS MECÂNICOS.**



<b>SUB-TRECHO</b>	<b>Densidade (g/cc)</b>	<b>Estabilidade (N)</b>	<b>Deformação (mm)</b>
<b>Reciclagem com rejuvenescedor</b>	<b>2,41</b>	<b>1310</b>	<b>3,8</b>
<b>Mistura nova com B50/70</b>	<b>2,37</b>	<b>1270</b>	<b>3,6</b>

# CENTRAL UTILIZADA



# ARMAZENAMENTO DO FRESADO



# COLOCAÇÃO EM OBRA



# PROPRIEDADES FINAIS DO BETUME RECICLADO



	Unid.	Amostra I	Amostra II	Rejuvenecedor
Método		Destilador rotativo		
Dissolvente		Diclorometano		
Penetração a 25°C, 100g, 5s.	dmm	26	21	104
Ponto de amolecimento	°C	59.5	63.0	43.5
Índice de penetração		-0.5	-0.3	-1.2
Asfaltenos	%	25.40	29.30	15.82
Polares	%	22.88	20.90	19.99
1ª Acidafina	%	15.89	15.63	22.20
2ª Acidafina	%	25.90	21.16	27.98
Saturados	%	9.93	13.01	14.01
<b>Índices de Envelhecimento</b>				
CRR		1,08	1,07	
Ic		0,54	0,73	
Valor de C				1,43

- Técnica que permite a reciclagem de pavimentos com alta taxa de mistura envelhecida;
- Técnica que utiliza meios de aplicação de obras convencionais;
- Técnica que permite o rejuvenescimento dos betumes envelhecidos e que trava a velocidade de oxidação atmosférica dos betumes, melhorando o seu equilíbrio coloidal;
- Técnica mediante a qual se obtêm resultados similares aos de uma mistura a quente.