



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE  
TRANSPORTES



# TIPOS DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS

Profa. Dra. Kamilla Vasconcelos  
Profa. Dra. Liedi Bernucci



# PAVIMENTO ASFÁLTICO





# TIPOS DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS



# TIPOS DE REVESTIMENTOS ASFÁLTICOS

## ■ Misturas usinadas a quente, mornas e a frio

- ✓ densas: concreto asfáltico, areia-asfalto, pré-misturado a frio;
- ✓ descontínuas: SMA, Gap-Graded;
- ✓ abertas: CPA

## ■ Tratamentos Superficiais

- ✓ tratamentos superficiais por penetração.: simples, duplo ou triplo

## ■ Microrrevestimentos

## ■ Lama asfáltica

## ■ Misturas Asfálticas Recicladas

- ✓ usinadas ou “in situ”

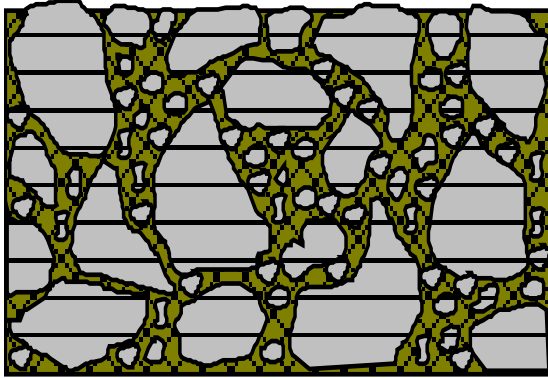




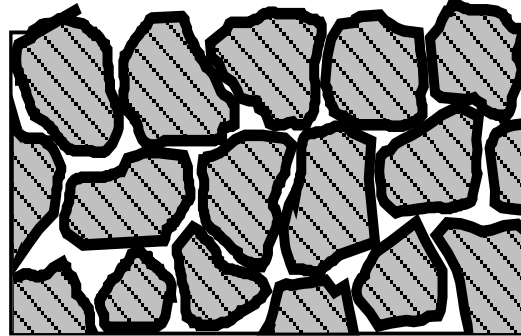
# MISTURAS USINADAS A QUENTE E MORNAS



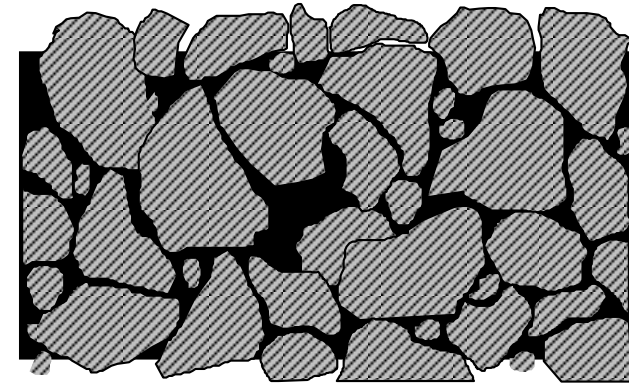
## EXERCÍCIO 6 – Questão 1



**CA ou CBUQ**



**CPA**



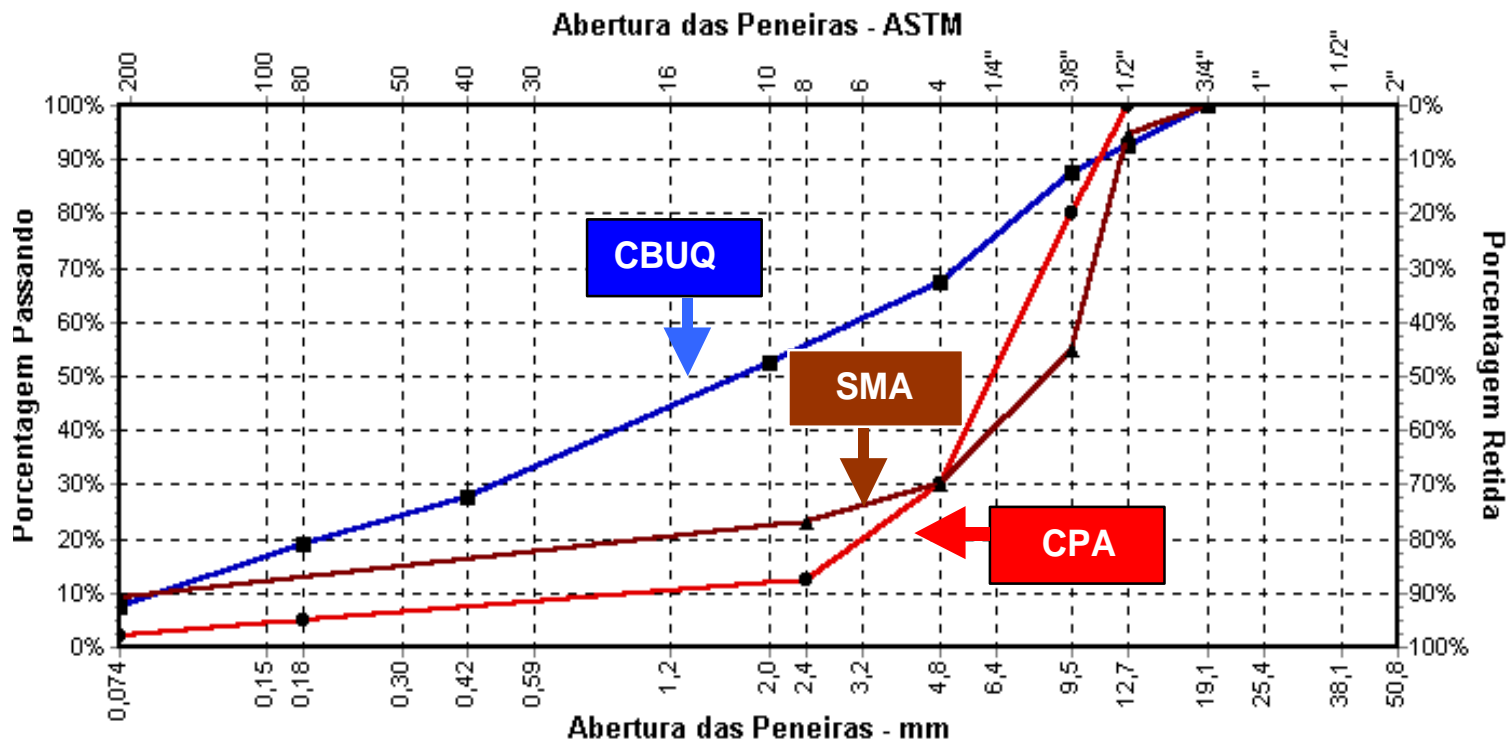
**SMA**

**Como são as distribuições granulométricas destas três diferentes misturas asfálticas??**



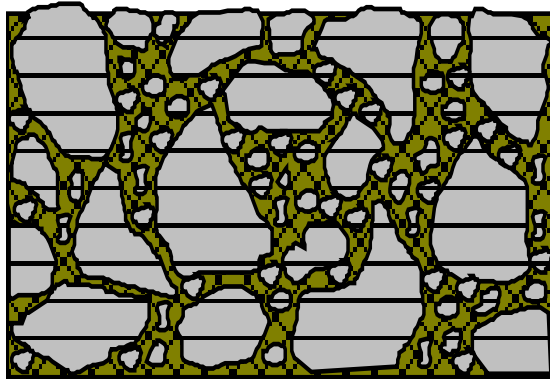
# TIPOS DE GRANULOMETRIAS

## Análise de Granulometria

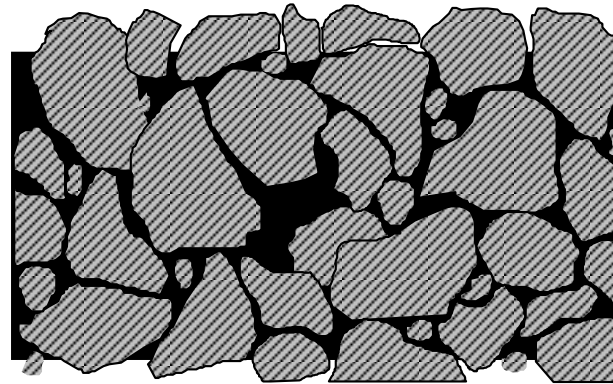




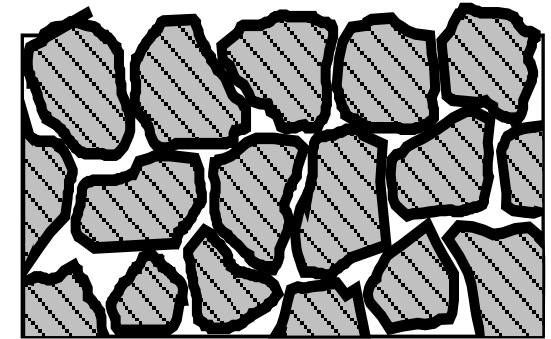
## EXERCÍCIO 6: Questão 1



**CA ou CBUQ**



**SMA**



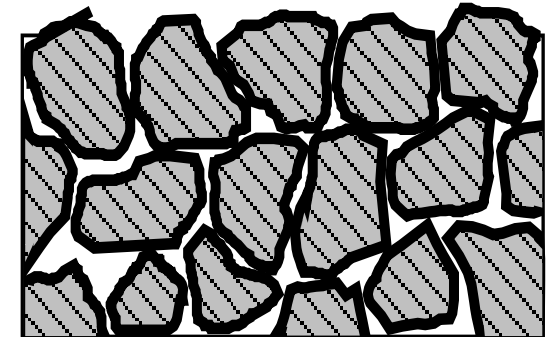
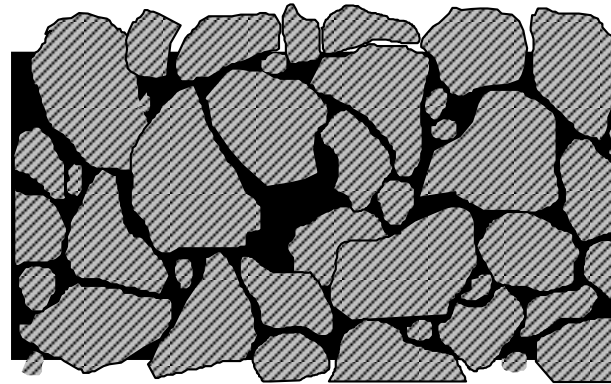
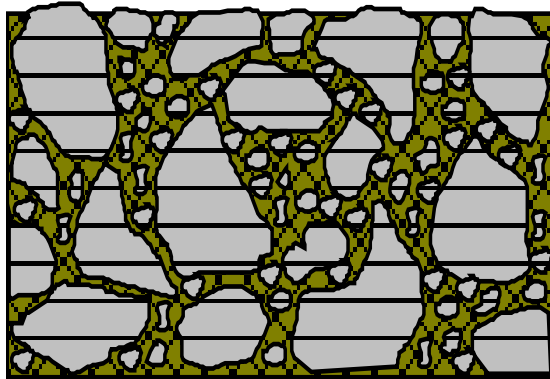
**CPA**

Características	CBUQ ou CA	SMA	CPA
Teor de ligante			
Volume de vazios com ar			
Permeável ou impermeável			
Menor resistência à tração			
Maior resistência à deformação permanente			





# EXERCÍCIO 6: Questão 1



**CA ou CBUQ**

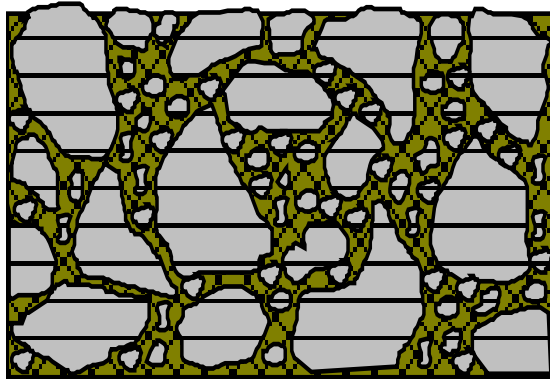
**SMA**

**CPA**

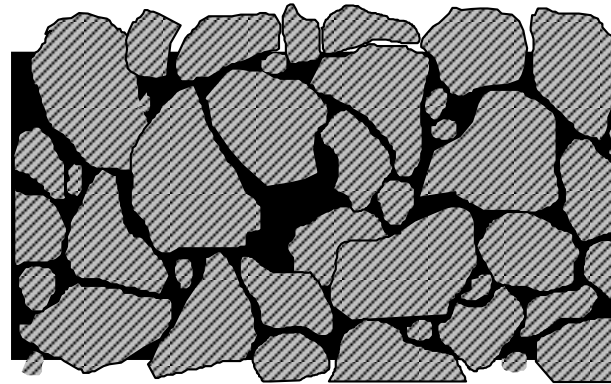
Características	CBUQ ou CA	SMA	CPA
Teor de ligante		+	-
Volume de vazios com ar			
Permeável ou impermeável			
Menor resistência à tração			
Maior resistência à deformação permanente			



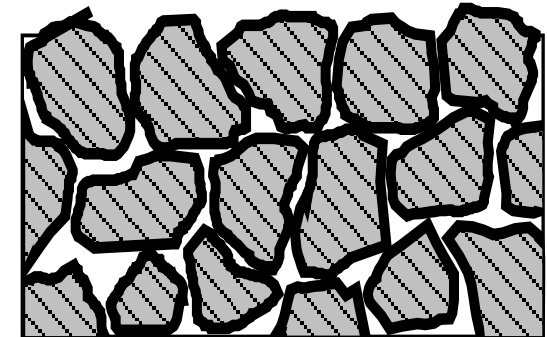
# EXERCÍCIO 4: Questão 1



**CA ou CBUQ**



**SMA**

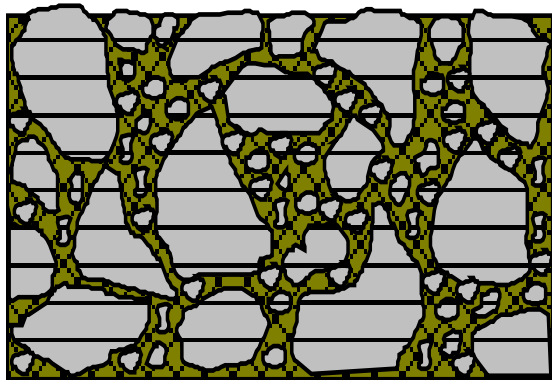


**CPA**

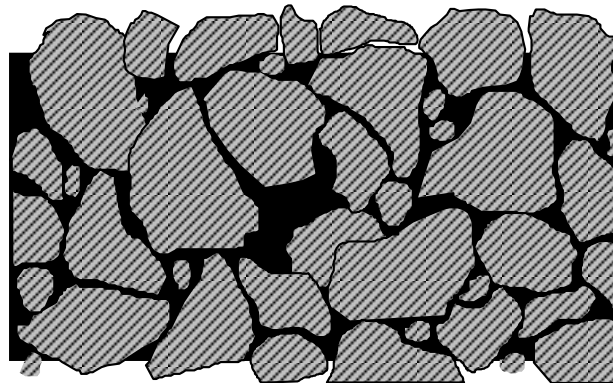
Características	CBUQ ou CA	SMA	CPA
Teor de ligante		+	-
Volume de vazios com ar	Cerca de 4%	Cerca de 4%	+
Permeável ou impermeável			Cerca de 20 a 25%
Menor resistência à tração			
Maior resistência à deformação permanente			



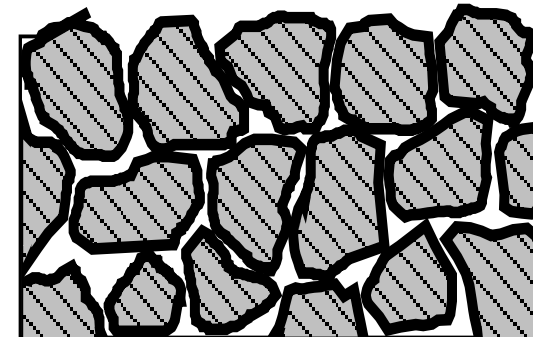
# EXERCÍCIO 6: Questão 1



**CA ou CBUQ**



**SMA**

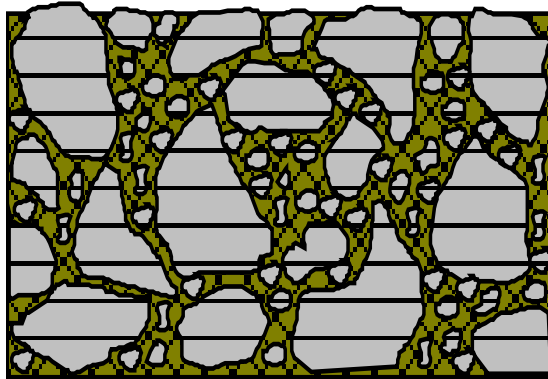


**CPA**

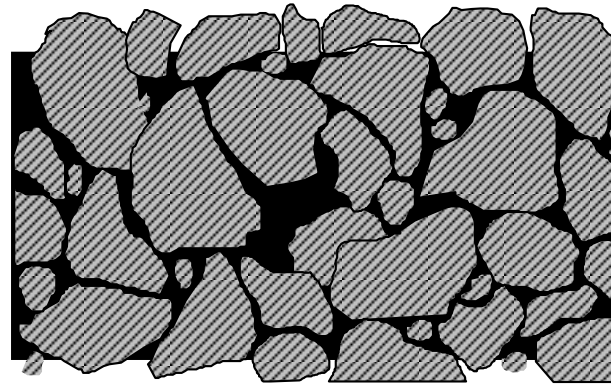
Características	CBUQ ou CA	SMA	CPA
Teor de ligante		+	-
Volume de vazios com ar	Cerca de 4%	Cerca de 4%	+ Cerca de 20 a 25%
Permeável ou impermeável	Impermeável	Impermeável	permeável
Menor resistência à tração			
Maior resistência à deformação permanente			



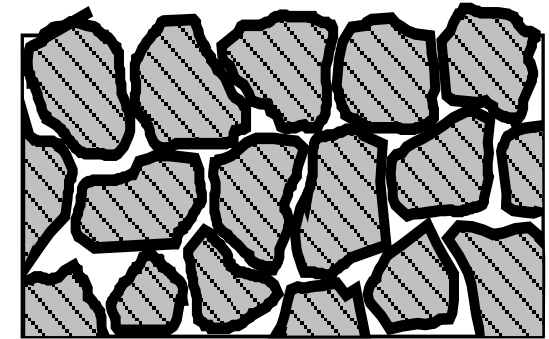
## EXERCÍCIO 6: Questão 1



**CA ou CBUQ**



**SMA**

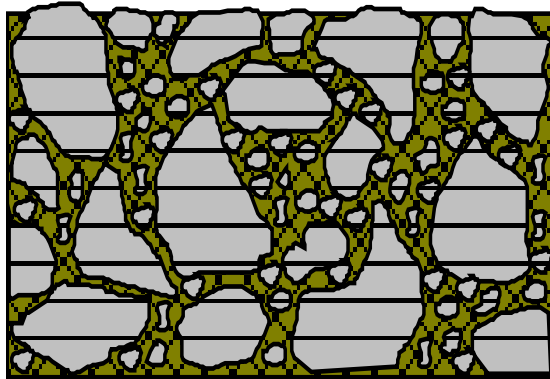


**CPA**

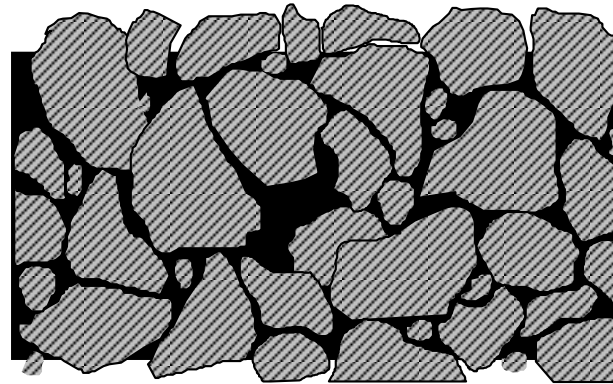
Características	CBUQ ou CA	SMA	CPA
Teor de ligante		+	-
Volume de vazios com ar	Cerca de 4%	Cerca de 4%	+ Cerca de 20 a 25%
Permeável ou impermeável	Impermeável	Impermeável	permeável
Menor resistência à tração	+		-
Maior resistência à deformação permanente			



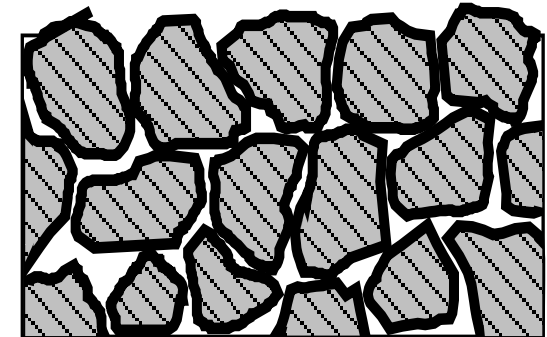
# EXERCÍCIO 6: Questão 1



**CA ou CBUQ**



**SMA**



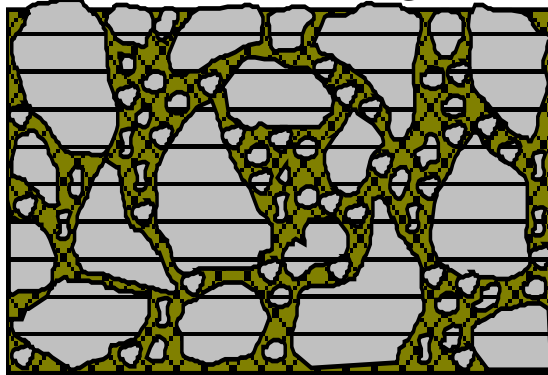
**CPA**

Características	CBUQ ou CA	SMA	CPA
Teor de ligante		+	-
Volume de vazios com ar	Cerca de 4%	Cerca de 4%	+ Cerca de 20 a 25%
Permeável ou impermeável	Impermeável	Impermeável	permeável
Menor resistência à tração	+		-
Maior resistência à deformação permanente		+	

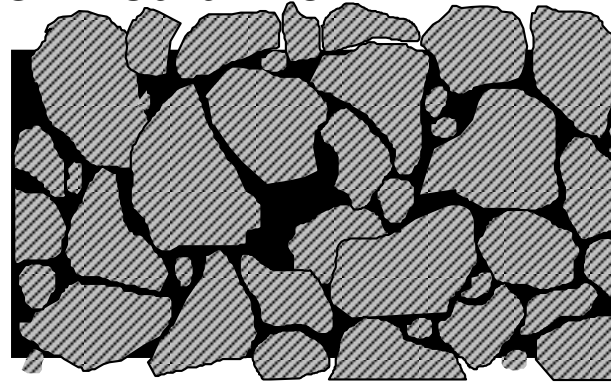


## EXERCÍCIO 6: Questão 2

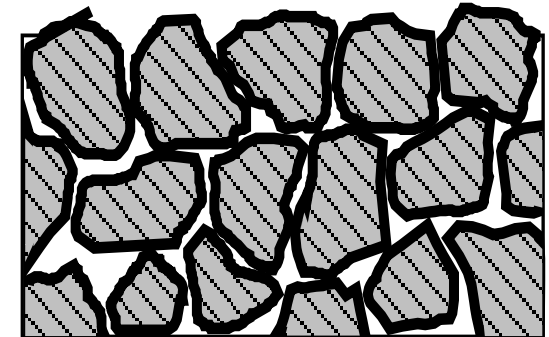
Em que situações de pavimentação de rodovias você recomendaria usar um CBUQ, uma CPA ou um SMA?



**CA ou CBUQ**



**SMA**

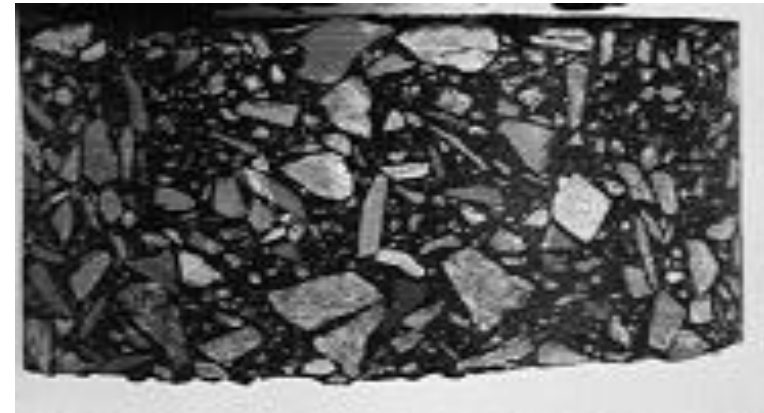


**CPA**

Características	CBUQ ou CA	SMA	CPA
Teor de ligante		+	-
Volume de vazios com ar	Cerca de 4%	Cerca de 4%	+
Permeável ou impermeável	Impermeável	Impermeável	Cerca de 20 a 25% permeável
Menor resistência à tração	+		-
Maior resistência à deformação permanente		+	



# Concreto Asfáltico (CA) ou Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ)



# Camada de CBUQ durante execução







# CONCRETO ASFÁLTICO

## DOSAGEM versus DEFORMAÇÃO PERMANENTE

Asfalto convencional

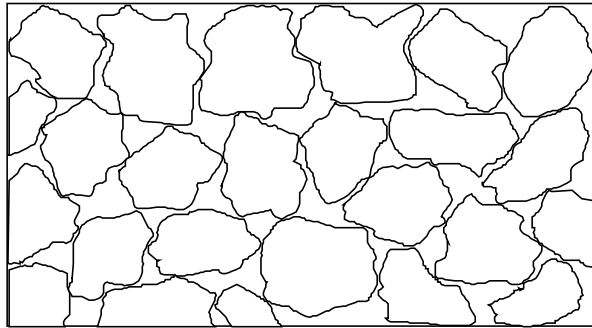


Asfalto modificado por SBS





# SMA – STONE MATRIX ASPHALT



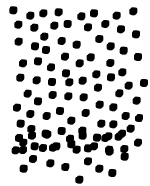
**Matriz Pétrea**

+

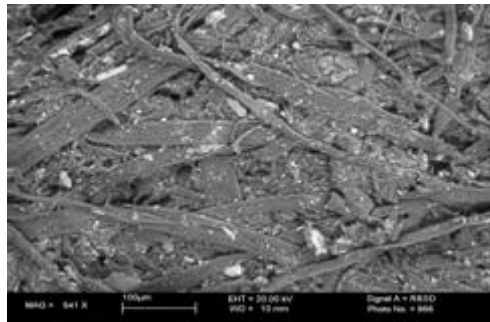
**SMA**

**fíler**

**Fração  
+ areia + asfalto**



**Fibras**



**Mástique**

Fonte: Horst Erdlen, 2004



# SMA – STONE MATRIX ASPHALT

(Matriz Pétreo Asfáltica)



**SMA**

**CA**



# SMA – STONE MATRIX ASPHALT

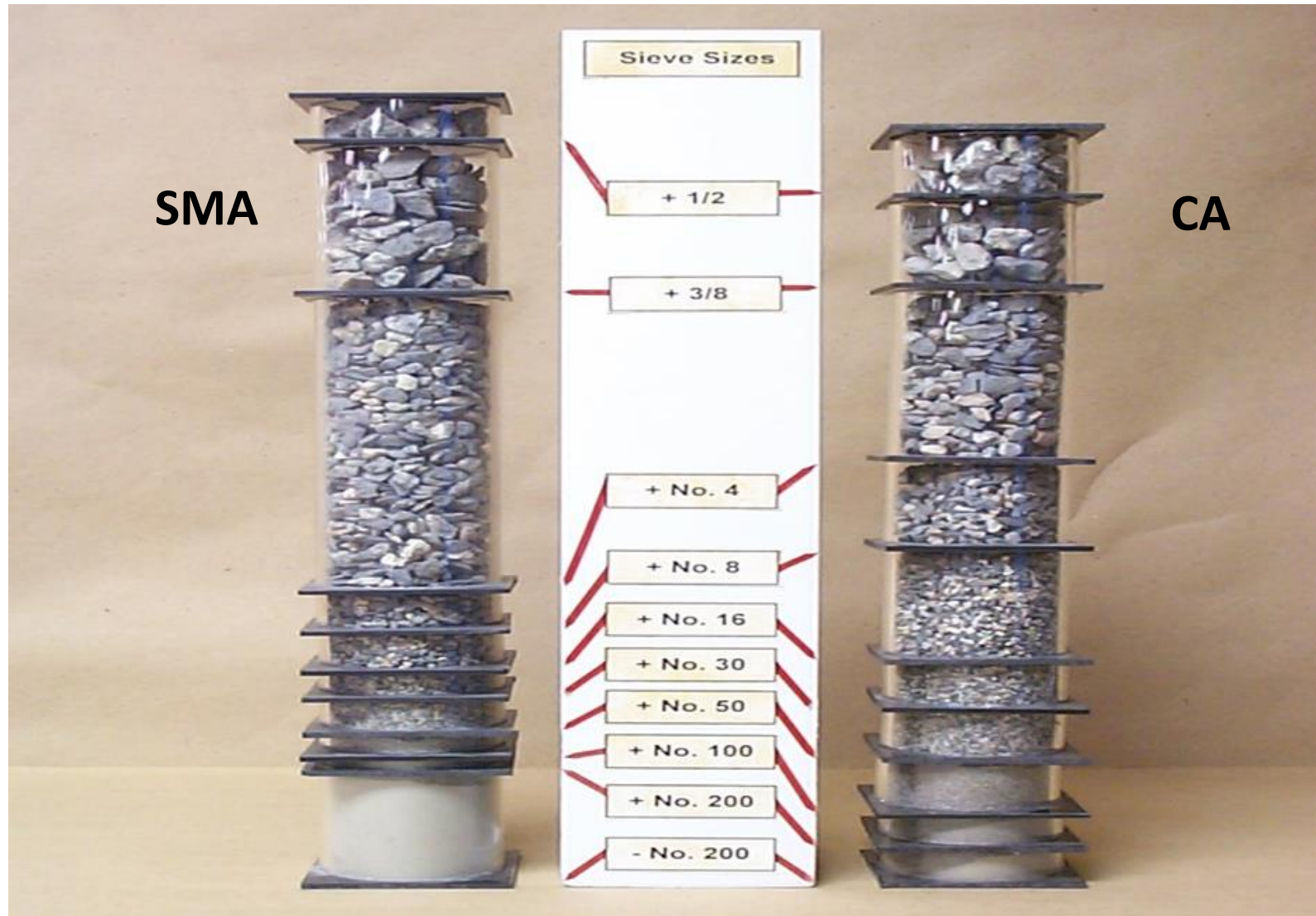
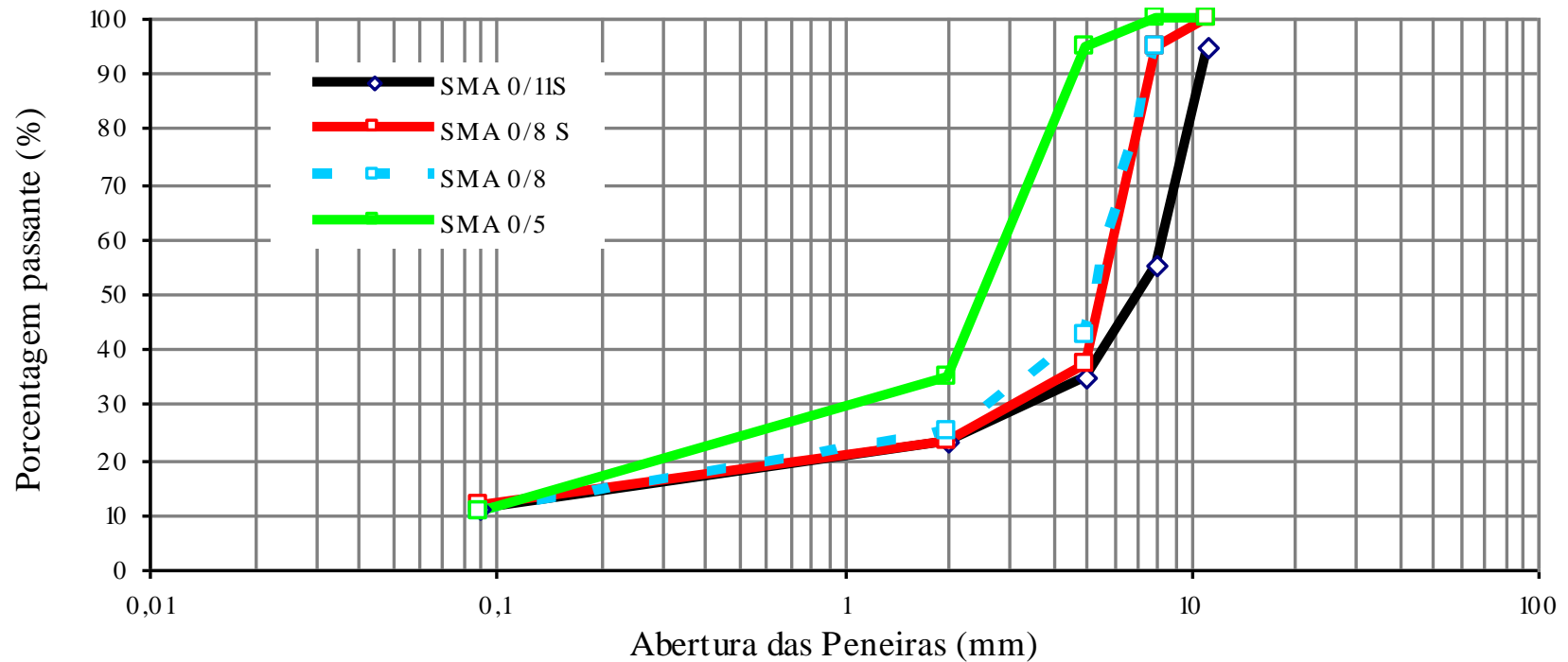


Foto: Horst Erdlen



## Faixas granulométricas de SMA pela especificação alemã (ZTV Asphalt – StB, 2001)

Curvas Granulométricas  
SMA - Alemanha



Fonte: Patrícia N. Ferreira



## Faixas granulométricas de SMA pela especificação alemã (ZTV Asphalt – StB, 2001)

11mm



SMA 0/11S

SMA 0/5

Fonte: Patrícia N. Ferreira



## SMA na Via Anchieta

Aspecto do SMA



SMA 0/11S



## 2007: Autódromo









# **SMA Aeroporto Frankfurt**





# Alemanha: Uso de SMA em Pátios de Portos



# Camada Porosa de Atrito



Aumento da  
distância de  
visibilidade e  
diminuição da  
cortina de água



## CAMADA POROSA DE ATRITIO (CPA) OU REVESTIMENTO DRENANTE

- Reduz o risco de hidroplanagem ou aquaplanagem;
- Aumenta a aderência do pneu/pavimento;
- Reduz as distâncias de frenagem sob chuva;
- Reduz os níveis de ruído do tráfego;
- Aumenta a segurança, reduzindo o número de acidentes;
- Diminui o spray ou cortina de água durante chuvas.



# **Pista de pouso do Aeroporto Santos Dumont, Rio de Janeiro**





## Pista de pouso e decolagem do Aeroporto Congonhas, São Paulo





## DESVANTAGENS DAS MISTURAS POROSAS

- Maior custo inicial pois precisa de camada subjacente impermeável, não trincada
- Desenho geométrico rigoroso e drenagem eficiente nos drenos longitudinais
- Perda da permeabilidade com o tempo/tráfego
- Dificuldade de limpeza





# CAMADA POROSA DE ATRITIO (CPA) OU REVESTIMENTO DRENANTE



- Revestimento**
  - Camada de rolamento**
    - Drenante**
  - Revestimento**
    - Camada intermediária**
      - Denso, impermeável**
    - Revestimento**
      - Camada intermediária**
        - PMQ (aberto, permeável)**



- **GAP GRADED/CALTRANS com Asfalto Borracha:** Mistura Descontínua amplamente utilizada na Califórnia em serviços de pavimentação com Asfalto-Borracha.
- No Brasil, essa mistura com Asfalto-Borracha, já foi utilizada por várias concessionárias, destacando a Ecovias com extensa e bem sucedida obra no sistema Anchieta/Imigrantes.



# Execução do Gap-Graded



**Gap-Graded – camada acabada**

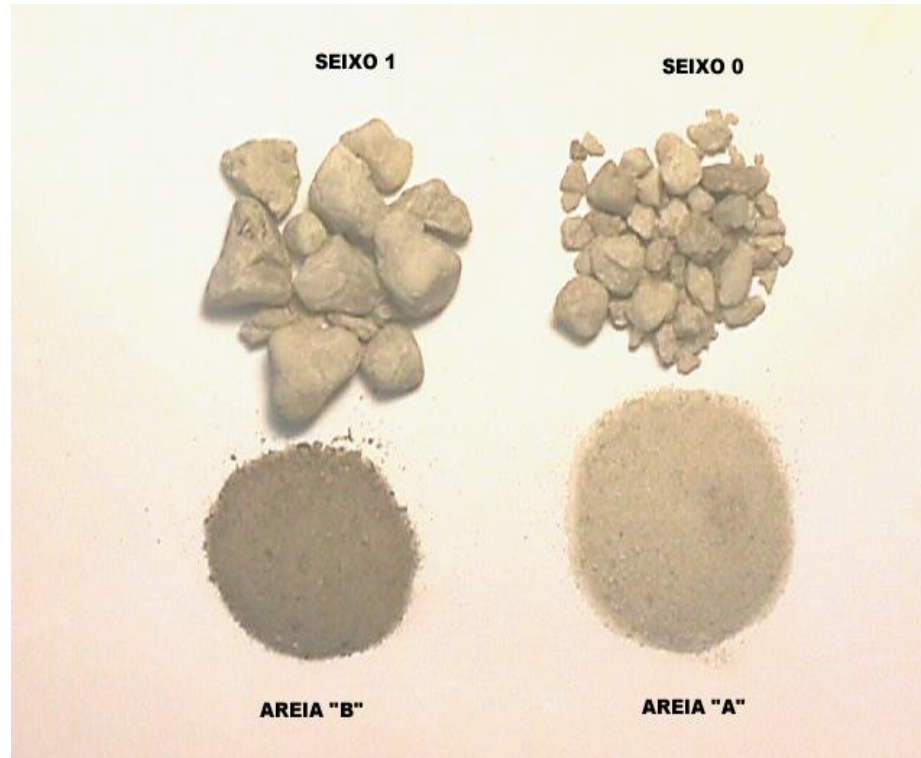


## Laterita / Seixo Rolado / Areia





## Laterita / Seixo Rolado / Areia

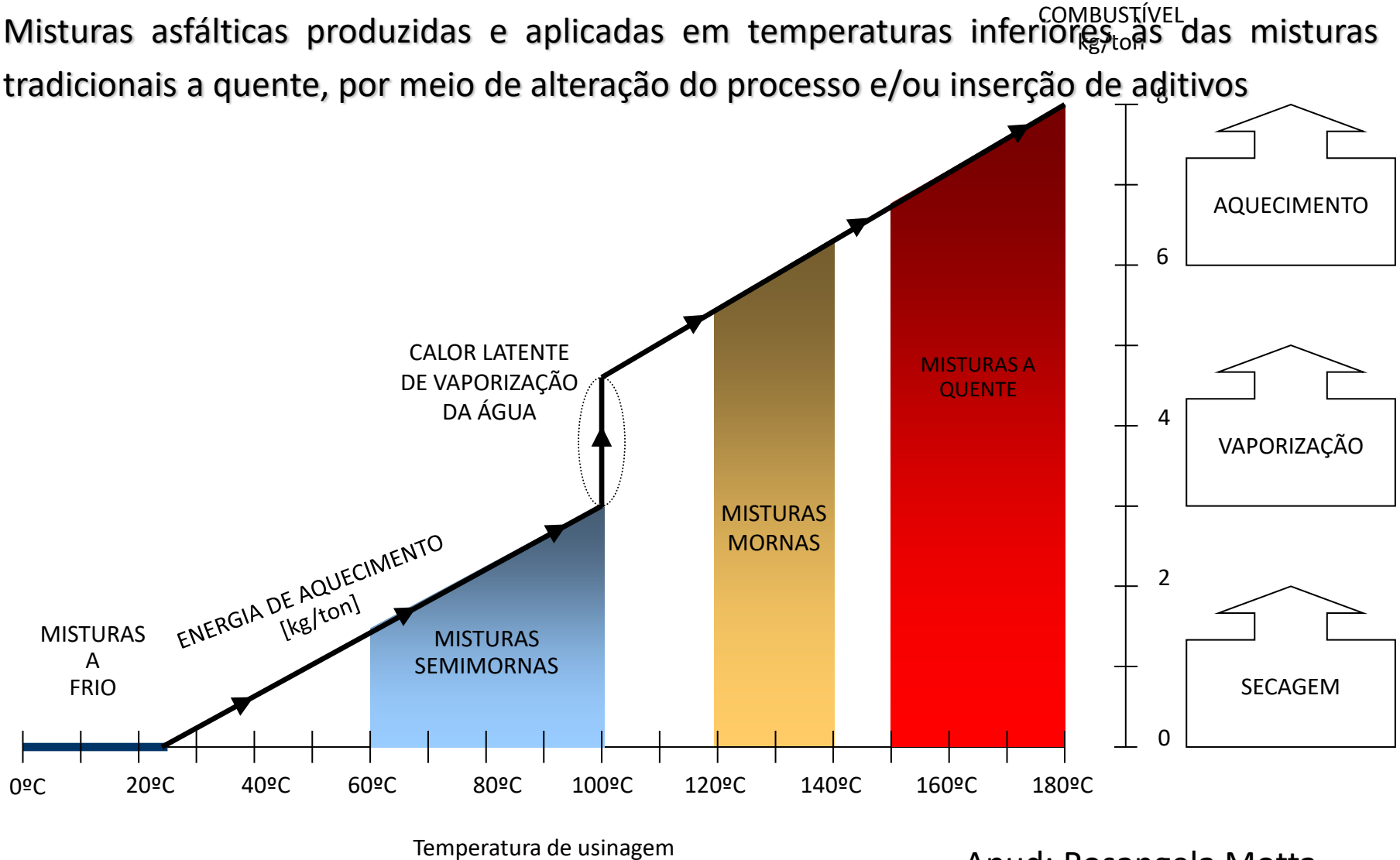




# MISTURAS ASFÁLTICAS MORNAS

# O que são as misturas asfálticas mornas e semimornas?

Misturas asfálticas produzidas e aplicadas em temperaturas inferiores às das misturas tradicionais a quente, por meio de alteração do processo e/ou inserção de aditivos



Apud: Rosangela Motta

# Redução de temperatura



**Mantém-se a temperatura  
do asfalto**

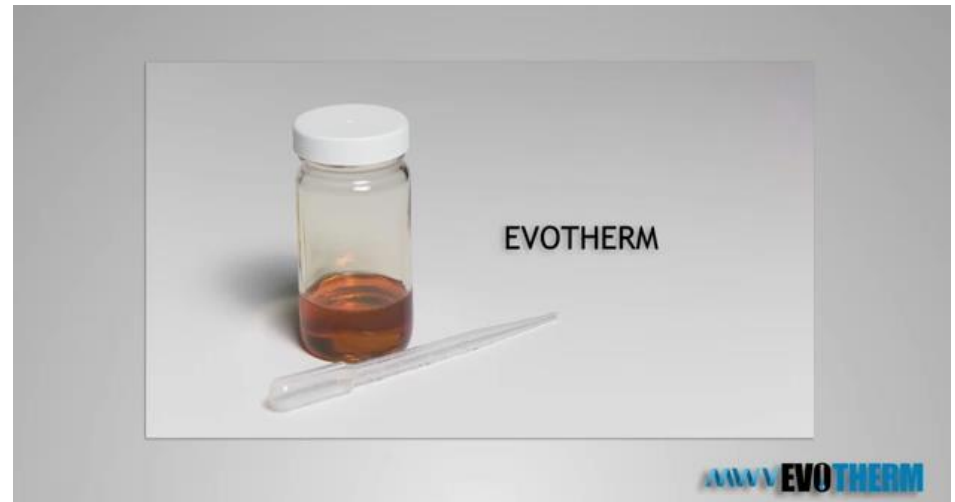


**Reduz-se a temperatura  
dos agregados**

Apud: Rosangela Motta



## Surfactantes



### Aditivos orgânicos (ceras)



- Reduz a viscosidade na usinagem e compactação;
- Inserido no ligante ou diretamente na mistura;
- Uso de até ~ 3% em massa de asfalto;
- Redução de temperatura ~ 30°C

### Aditivos orgânicos (ceras)

Sasobit

SASOL

reaching new frontiers



para o ligante



para a mistura



Apud: Rosangela Motta

Fonte: Hurley & Prowell (2005)



### Redução da poluição ambiental

- 30 a 40% CO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub> (GEE e chuva ácida)
- 50% COV (precursores de ozônio e HPAs)
- 10 a 30% CO (eficiência de queima)
- 60 a 70% NO<sub>x</sub> (precursores de ozônio)
- 20 a 25% particulados
- 30 a 50% aerossóis

Contribui com metas de  
redução de poluentes

Inserção no mercado de  
créditos de carbono

Apud: Rosangela Motta

# Usina



Mistura a quente

# Mistura morna



## Usina



## Pista

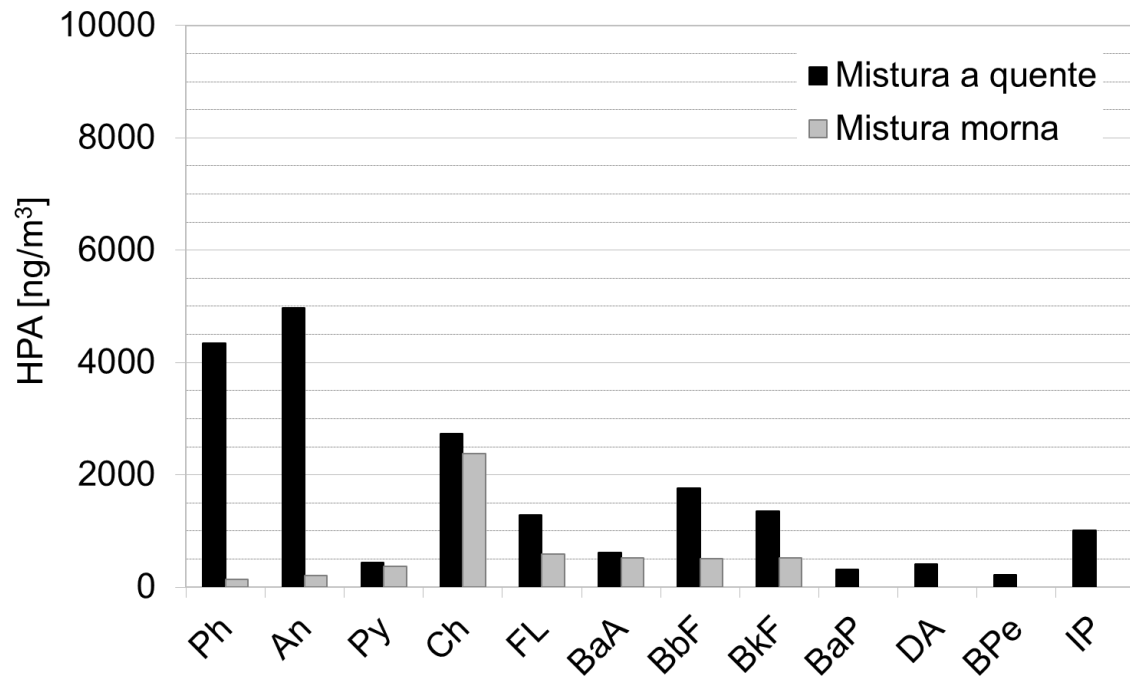


**Mistura a quente**



**Mistura morna**

## Análise de HPAs



HPA	Mistura a quente	Mistura morna
	Concentração [ng/m³]	
Ph	4345	137
An	4968	211
Py	439	371
Ch	2735	2379
FL	1289	581
BaA	616	513
BbF	1757	512
BkF	1352	521
BaP	318	–
DA	407	–
BPe	219	–
IP	1014	–
<b>Total</b>	<b>19458</b>	<b>5226</b>

Apud: Rosangela Motta