

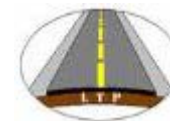
## APLICAÇÃO DE MATERIAIS RECICLADOS NA PAVIMENTAÇÃO

### AGREGADO RECICLADO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) OU RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC)

**Profa. Dra. ROSÂNGELA MOTTA**  
**Profa. Dra. LIEDI BERNUCCI**



Laboratório de Tecnologia de Pavimentação  
Departamento de Engenharia de Transportes  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo



**Maio/2016**



# INTRODUÇÃO

## Resíduo sólido da construção civil

Materiais provenientes de **construções, reformas, reparos e demolições** de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da **escavação** de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, etc., que são comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

Resolução CONAMA n° 307 (2002)

Resíduo de Construção e Demolição (**RCD**) → *Construction and Demolition Waste (CDW)*

Resíduo de Construção Civil (**RCC**)



## INTRODUÇÃO

- Em SP grande volume gerado: ~ 17.000 t/dia (mais de 6 milhões t/ano)
- No Brasil há um agravante: disposição irregular



Fonte: Tarcísio Paula Pinto



Fonte: Marco Antônio Fialho



Fonte: [www.pmsp.gov.br](http://www.pmsp.gov.br)

## INTRODUÇÃO

### Problemas que envolvem a disposição irregular dos RCD

- Degradação urbana
- Riscos à população



Fonte: Tarcísio Paula Pinto





# INTRODUÇÃO

## Problemas que envolvem a disposição irregular dos RCD

- Gastos elevados com o sistema de coleta e disposição final
- Esgotamento das áreas de destinação de resíduos
- Gastos para constituição de novas áreas
- Estética / Urbanismo

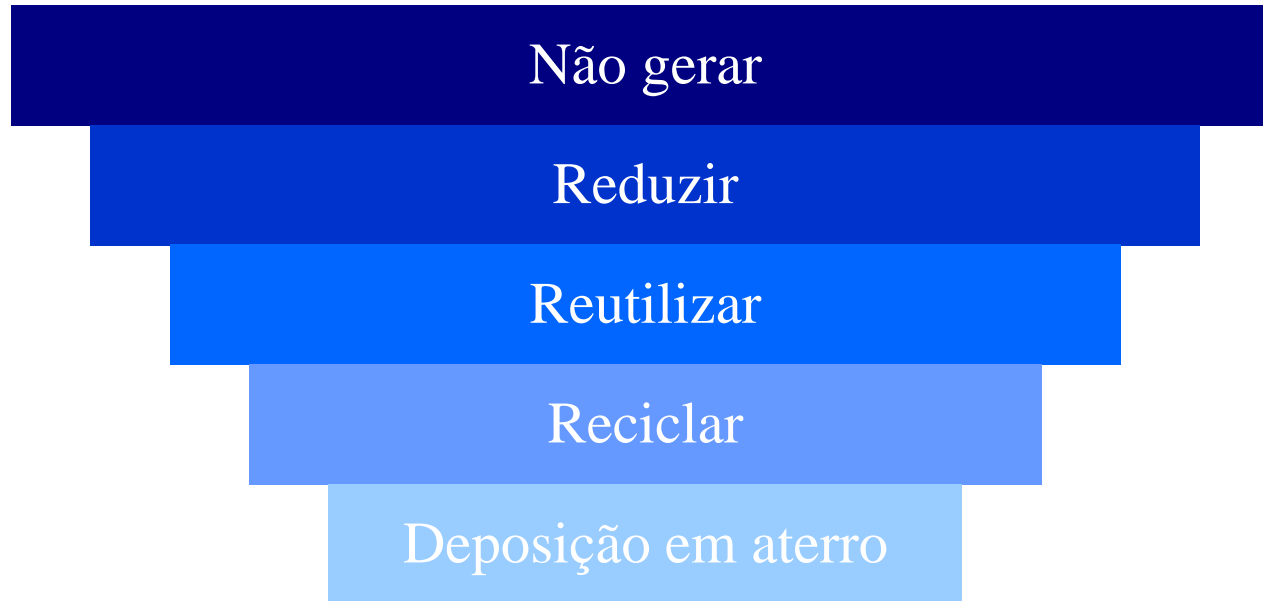


Fonte: Marco Antônio Fialho



## GESTÃO DE RCD

- Geradores responsáveis pelo RCD gerado
- Escala de prioridades



Resolução CONAMA nº 307 (2002)



## CLASSIFICAÇÃO DE RCD

**Classe A:** reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: cerâmicos, tijolos, blocos, telhas, argamassa, concreto, etc;

**Classe B:** recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;

**Classe C:** resíduos sem tecnologias ou aplicações economicamente viáveis para reciclagem ou recuperação;

**Classe D:** resíduos perigosos, tais como: tintas, solventes, óleos, amianto, etc ou contaminados/prejudiciais à saúde.

Resolução CONAMA nº 307 (2002), com alterações (2004/2011/2012)

## RECICLAGEM DE RCD

- 1991: Primeira usina recicladora brasileira, em SP (PMSP)





# RECICLAGEM DE RCD



## SEPARAÇÃO DE RCD

“Desconstrução” em SP: separação já no gerador





## SEPARAÇÃO DE RCD

“Desconstrução” em SP: separação já no gerador



Desconstrução



Ferragem



Madeira



Britagem do RCD



## RECICLAGEM DE RCD

### Tipos de agregados reciclados

Agregado reciclado de concreto /  
argamassa (cinza ou branco)



Agregado reciclado misto  
(vermelho)





## RECICLAGEM DE RCD



## RECICLAGEM DE RCD

Agregado reciclado cinza

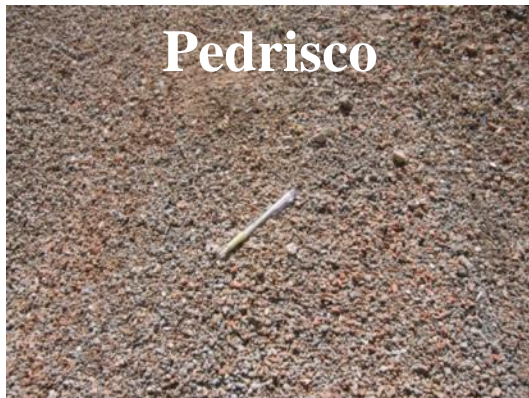


Bonfim, 2012



## RECICLAGEM DE RCD

### Tipos de agregados reciclados





## RECICLAGEM DE RCD

Resíduo de tijolos de cerâmica vermelha

Passível de reciclagem para utilização em pavimentação







## RECICLAGEM DE RCD

Principais diferenças entre agregados reciclados e naturais:

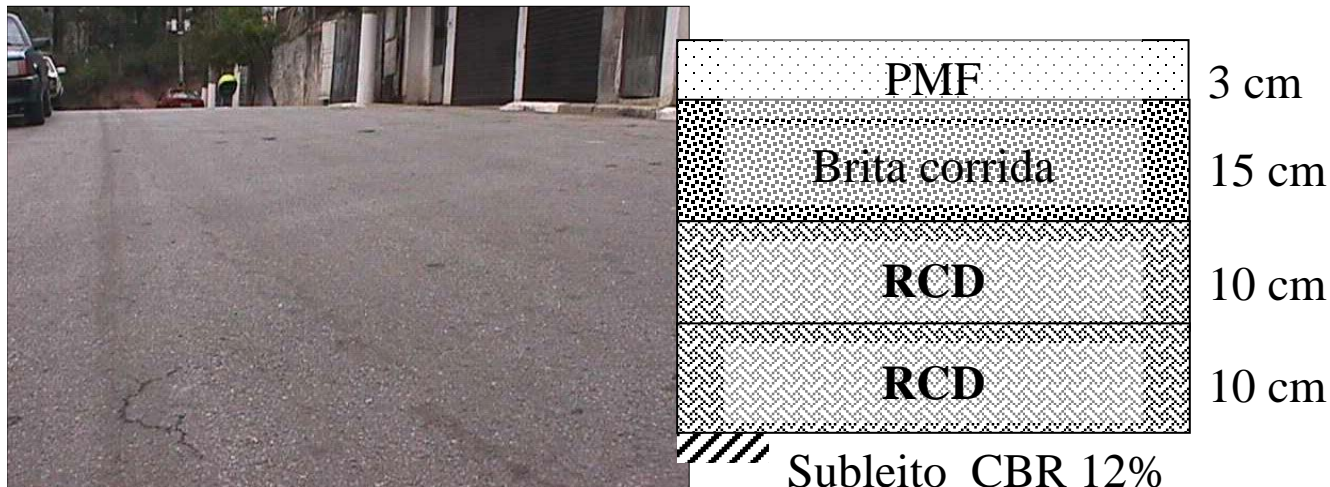
- Forma e textura superficial
- Densidade
- Absorção
- Capacidade de auto cimentação



## PAVIMENTAÇÃO COM AGREGADO RECICLADO

**1984:** Primeira experiência no Brasil com acompanhamento tecnológico em SP (Parceria entre PMSP e IPT)

- Via de baixo volume de tráfego
- Desempenho foi considerado bom



Bodi, J.; Brito Filho, J. A.; Almeida, S. Utilização de entulho de construção civil reciclado na pavimentação urbana. 29ª Reunião Anual de Pavimentação, Cuiabá, 1995. p.409-436.

# PAVIMENTAÇÃO COM AGREGADO RECICLADO

Construção de sub-base  
(Belo Horizonte – MG)



Base  
(Belo Horizonte – MG)





# ESPECIFICAÇÃO

## 2003: Primeira especificação técnica - ETS 001/2003 da PMSP

*PMSP/SP ETS – 001/2003: Camadas de reforço do subleito, sub-base e base mista de pavimento com agregado reciclado de resíduos sólidos da construção civil*



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA URBANA  
SUPERINTENDÊNCIA DE PROJETOS VIÁRIOS  
Especificação de Serviço  
Camadas de Reforço do Subleito, Sub-Base e Base Mista de  
Agregado Reciclado de Resíduos Sólidos de Construção Civil

PMSP/SP ETS – 001/2003 - CAMADAS DE REFORÇO DO SUBLEITO, SUB-BASE E BASE MISTA DE PAVIMENTO COM AGREGADO RECICLADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.

### INTRODUÇÃO

Esta especificação de serviço define os critérios que orientam a execução de camadas de reforço do subleito, sub-base e base mista de pavimentos com Agregado Reciclado de Resíduos Sólidos da Construção Civil, denominado "Agregado Reciclado", em obras de pavimentação sob a fiscalização da Prefeitura do Município de São Paulo.

### 1- DESCRIÇÃO

Os serviços consistem no beneficiamento do Agregado Reciclado para pavimentos, com características e restrições estabelecidas nos itens 1.1 e 1.2, além de carga, transporte, descarga, espalhamento e compactação, assim como a mão-de-obra, materiais e equipamentos necessários à execução e ao controle de qualidade da camada de Agregado Reciclado, de conformidade com a especificação apresentada a seguir e detalhes executivos contidos no projeto.

- 1.1 resíduos sólidos da construção civil, comumente chamados de "entulho de obra", adequados à execução de camadas de reforço de subleito, sub-base ou base mista, são os provenientes de construções, reformas, reparos ou demolições de obras de construção civil, tais como tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, ruínas, argamassas, telhas, pavimentos asfálticos, etc, devendo ser evitada a presença de solos, madeiras, vidros, plásticos, metais, tubulações, fiações elétricas e papéis ou quaisquer materiais orgânicos ou não inertes;
- 1.2 Agregado Reciclado para pavimento é o material granular proveniente do beneficiamento, por meio de britagem e classificação, de resíduos de construção ou demolição de obras civis, conforme item 1.1, que apresenta características técnicas para aproveitamento em obras de pavimentação;
- 1.3 reciclagem é o processo de aproveitamento de resíduos, depois de terem sido submetidos à transformação;
- 1.4 reforço do subleito, sub-base e base mista de Agregado Reciclado para pavimento são camadas de material granular proveniente do beneficiamento através de britagem e classificação de resíduos sólidos da construção civil, conforme item 1.2, cujas técnicas executivas e controle de qualidade estão descritas a seguir;
- 1.5 para a presente especificação a base mista será sempre constituída por duas camadas, uma subjacente, necessariamente de Agregado Reciclado, e outra sobrejacente, de Macadame Benetino, Binder ou outro material que assegure as condições de coesão e resistência do conjunto.

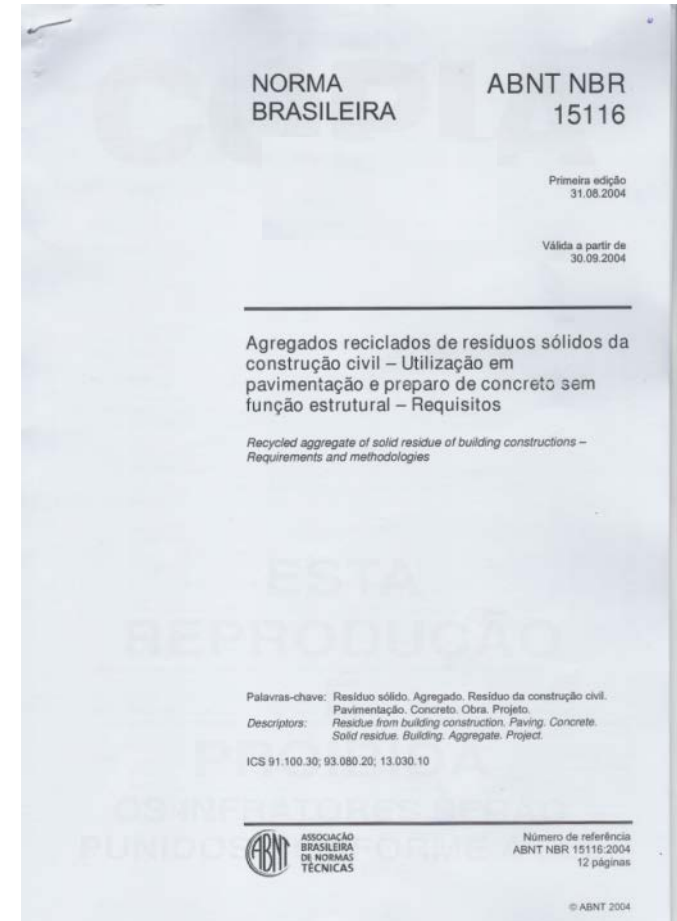




## ESPECIFICAÇÃO

### 2004: Normas ABNT

- *NBR 15113 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: Aterros: Diretrizes para projeto, implantação e operação;*
- *NBR 15114 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: Área de reciclagem: Diretrizes para projeto, implantação e operação;*
- *NBR 15115 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Execução de camadas de pavimentação: Procedimentos;*
- *NBR 15116 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural: Requisitos.*





## CARACTERÍSTICAS

**NBR 15115:** Base, sub-base ou reforço do subleito, em baixo volume de tráfego ( $N \leq 10^6$ )

- Dimensão máxima característica = 63,5mm, limitada a 2/3 da camada compactada
- Curva bem graduada, não uniforme, com coeficiente de uniformidade  $\geq 10$
- Passante na peneira 0,42mm entre 10 e 40%
- CBR e expansão conforme a camada:

Camada	CBR [%]	Expansão [%]	Energia de compact.
Ref. do subleito	$\geq 12$	$\leq 1,0$	Normal ou superior
Sub-base	$\geq 20$	$\leq 1,0$	Intermediária
Base	$\geq 60$	$\leq 0,5$	Intermediária



## CARACTERÍSTICAS

**NBR 15115:** Base, sub-base ou reforço do subleito, em baixo volume de tráfego ( $N \leq 10^6$ )

- Pode ser feita estabilização, devendo-se realizar ensaio de resistência à compressão simples, após 7 dias, e obter resistência  $\geq 2,1$  MPa, em na energia especificada
- Grãos lamelares na fração graúda ( $> 4,8\text{mm}$ )  $\leq 30\%$
- Materiais indesejáveis de grupos distintos:  $\leq 3\%$  em massa
- Materiais indesejáveis de mesmo grupo:  $\leq 2\%$  em massa



## LEGISLAÇÃO

### 2006: Decreto no Município de SP

Decreto nº 48.075 (28/12/2006): Dispõe sobre a **obrigatoriedade da utilização de agregados reciclados**, oriundos de resíduos sólidos da construção civil, **em obras e serviços de pavimentação** das vias públicas do Município de São Paulo

**PREFEITURA DE SÃO PAULO** | Serviços | A Cidade | Compras | Notícias | Governo | Busca no site | São Paulo, Agosto | 20°C | 23km | 1 de 2

**COE INFORMA** | Chuvas em pontos isolados da Capital.

**Pesquisa de Legislação Municipal**

**Nº 48075**

**DECRETO Nº 48.075, DE 28 DE DEZEMBRO DE 2006**

Dispõe sobre a obrigatoriedade da utilização de agregados reciclados, oriundos de resíduos sólidos da construção civil, em obras e serviços de pavimentação das vias públicas do Município de São Paulo.

GILBERTO KASSAB, Prefeito do Município de São Paulo, no uso das atribuições que lhe são conferidas por lei,

CONSIDERANDO competir ao Município assegurar aos munícipes meio ambiente humanizado, sadio e ecologicamente equilibrado, nos termos do artigo 7º da Lei Orgânica do Município de São Paulo, bem como controlar e fiscalizar obras, atividades, processos produtivos e empreendimentos que, direta ou indiretamente, possam causar degradação ao meio ambiente, adotando as medidas preventivas ou corretivas pertinentes;

CONSIDERANDO o volume de produtos e subprodutos de mineração utilizados em obras de pavimentação e serviços contratados pelo Poder Público Municipal, provenientes, especialmente, de empreendimentos minerários da região metropolitana;

CONSIDERANDO os benefícios que a utilização de resíduos sólidos da construção civil reciclados proporcionará ao meio ambiente, gerando economia de matéria-prima virgem não-renovável;

CONSIDERANDO, finalmente, que as áreas destinadas ao transbordo e triagem de resíduos sólidos da construção civil podem garantir o fornecimento de materiais em quantidade suficiente para abastecer as obras e serviços de pavimentação das vias públicas deste Município,

**D E C R E T A:**

Art. 1º. As obras e serviços de pavimentação das vias públicas do Município de São Paulo deverão ser executados com a utilização de agregados reciclados oriundos de resíduos sólidos da construção civil.

§ 1º. No período máximo de 180 (cento e oitenta) dias contados da data da publicação deste decreto, as contratações das obras e serviços de pavimentação de vias deverão prever, em seus projetos, especificações técnicas que contemplem, em caráter preferencial, o emprego dos agregados reciclados a que se refere este decreto.

§ 2º. Findo o prazo estipulado no § 1º deste artigo, as contratações das obras e serviços de pavimentação de vias deverão prever, em seus projetos, especificações técnicas que contemplem, obrigatoriamente, a utilização dos materiais reciclados.

Art. 2º. Nas especificações técnicas de que trata o artigo 1º deste decreto, deverão ser incluídos os critérios estabelecidos pelas Normas Técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, NBRs nº 15.115 e nº 15.116, de 30 de junho e de 31 de agosto de 2004, respectivamente, e obedecidas as disposições constantes da Especificação Técnica de Serviço ETS nº 001/2003 - Camadas de Reforço do Subleito, Sub-Base e Base Mista de Pavimento com Agregado Reciclado de Resíduos Sólidos da Construção Civil, publicada no Diário Oficial da Cidade, em 20 de março de 2003.





## TABELA DE PREÇOS - PMSP

Incluindo agregados, equipamentos e mão-de-obra, em R\$/m<sup>3</sup> (jan/2016):

<b>Obra</b>	<b>Preço</b>
Base de macadame hidráulico	176,55
Base de BGTC	163,04
Base de pedra bica corrida	119,08
Base de BGS	119,37
<b>Base de agregado reciclado de RCD</b>	<b>72,06</b>
Revestimento primário de agregado reciclado misturado a solo local	43,30
Ref. do subleito ou sub-base de solo com agregado reciclado 60% em vol.	46,35
Ref. do subleito ou sub-base de solo com agregado reciclado 50% em vol.	41,11
Ref. do subleito ou sub-base de solo com agregado reciclado 40% em vol.	35,87
Ref. do subleito ou sub-base de solo com agregado reciclado 30% em vol.	30,63
Ref. do subleito ou sub-base de solo com agregado reciclado 20% em vol.	25,39
Ref. do subleito ou sub-base de solo com agregado reciclado 10% em vol.	20,15



## **ESTUDOS NA USP**

**2003 - 2005**

Mestrado  
**Rosângela Motta**

Estudo laboratorial  
agregado reciclado misto  
+ cal e + cimento

**2005 - 2007**

Mestrado  
**Fabiana Leite**

Estudo laboratorial  
agregado reciclado misto

Trecho experimental:  
**Pavimento Ecológico  
USP-Leste**

**2011 - 2013**

Mestrado  
**Igor Beja**

Estudo laboratorial  
agregado reciclado misto  
+ cal e + cimento

Trechos experimentais:  
**Avenida Sapopemba**

**2010 - 2013**

Doutorado  
**Patricia Silva**

Estudo laboratorial  
agregado reciclado cinza  
+ cerâmico



**ESTUDOS NA USP – MOTTA (2005)**



## ESTUDOS NA USP – MOTTA (2005)

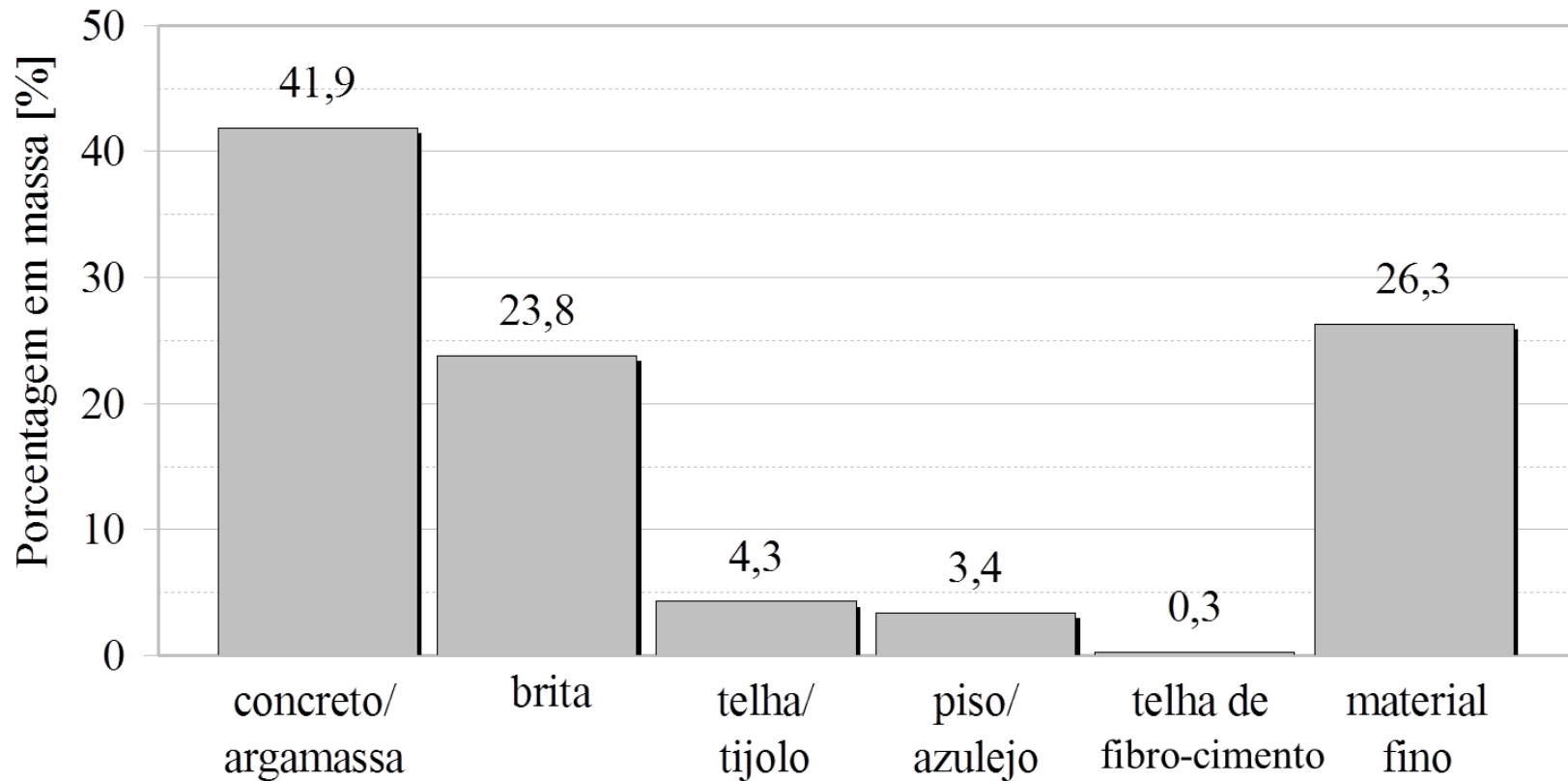


Motta, 2005



## ESTUDOS NA USP – MOTTA (2005)

### Composição



## ESTUDOS NA USP – MOTTA (2005)

### Materiais indesejáveis

Gesso



Madeira



Plástico



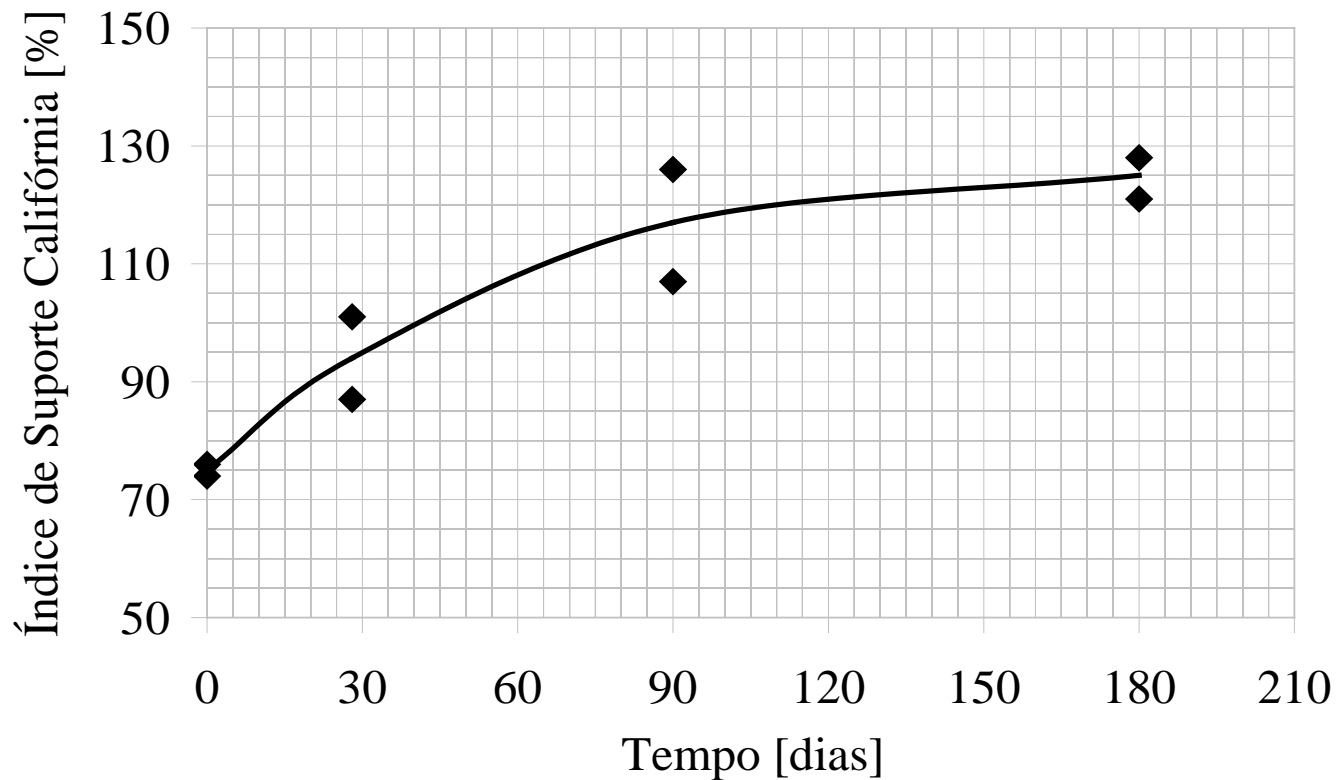
Porcentagem total estimada no montante coletado  $\cong 0,4\%$





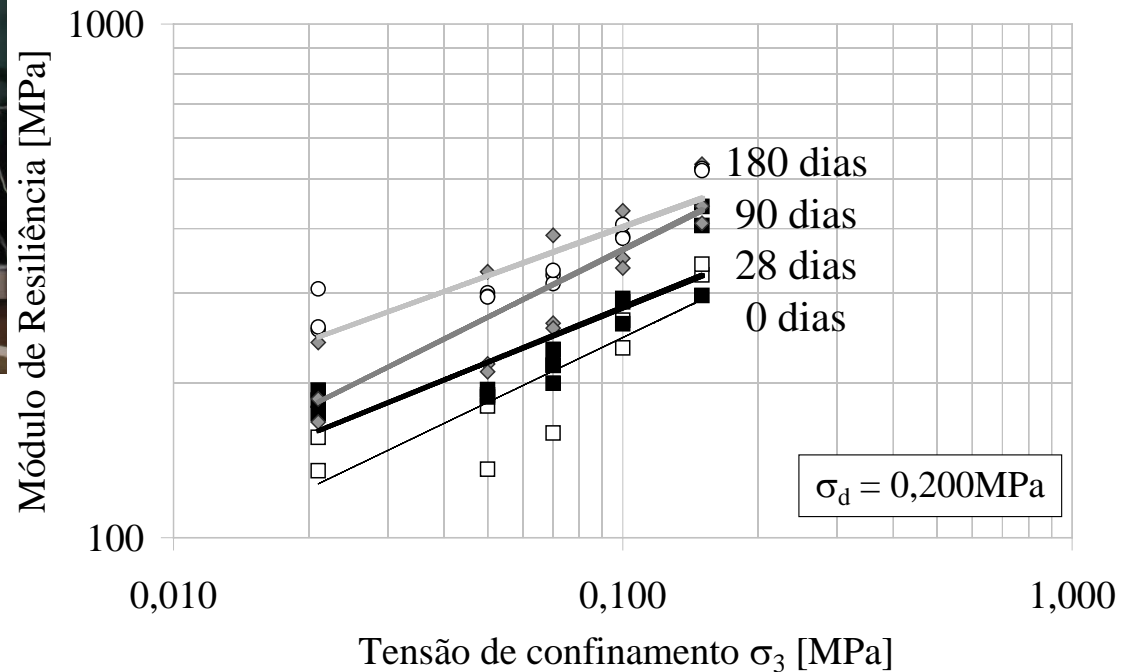
## ESTUDOS NA USP – MOTTA (2005)

Variação do CBR com o tempo: Capacidade de auto cimentação



## ESTUDOS NA USP – MOTTA (2005)

Variação do módulo de resiliência com o tempo: Capacidade de auto cimentação

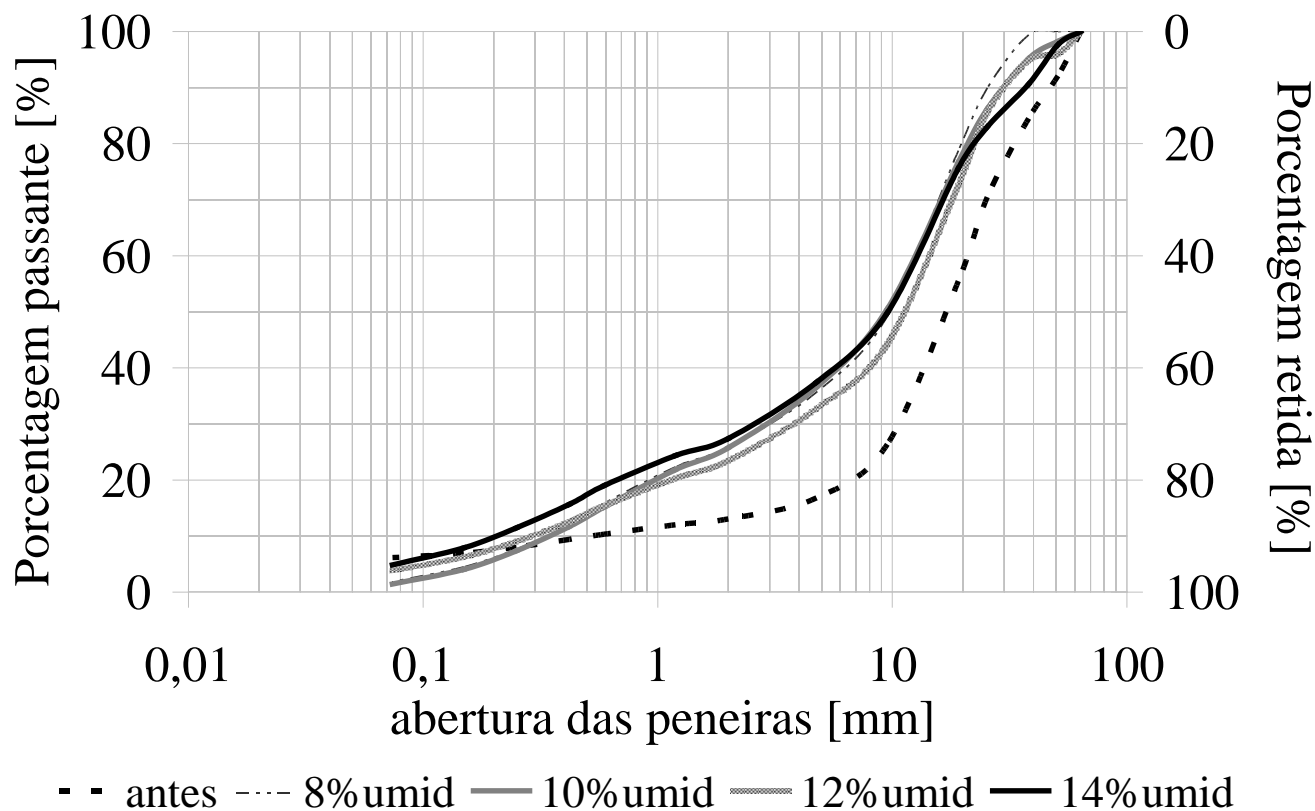


Motta, 2005



## ESTUDOS NA USP – MOTTA (2005)

Variação granulométrica: Importância da compactação







**ESTUDOS NA USP – LEITE (2007)**



## ESTUDOS NA USP – LEITE (2007)

### Pavimento Ecológico da USP-Leste

- Pavimento com materiais reciclados:
  - \* Agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil
  - \* Asfalto-borracha
  
- 1ª Etapa: 240 metros (dezembro/2004 a março/2005)
- 2ª Etapa: conclusão de 2km (agosto/2005 a março/2006)
  
- Estrutura:
  - \* Reforço do subleito
  - \* Sub-Base
  - \* Base
  - \* Revestimento asfáltico

## ESTUDOS NA USP – LEITE (2007)

### Pavimento Ecológico da USP-Leste



Asfalto-borracha (borracha de pneus moídos)



**Agregado reciclado**



Solo laterítico



Subleito: solo mole



Leite, 2007



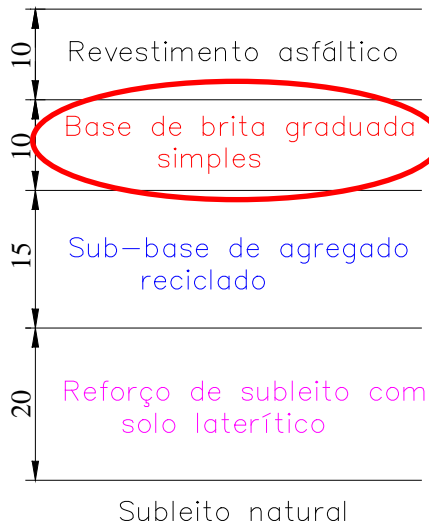


## ESTUDOS NA USP – LEITE (2007)

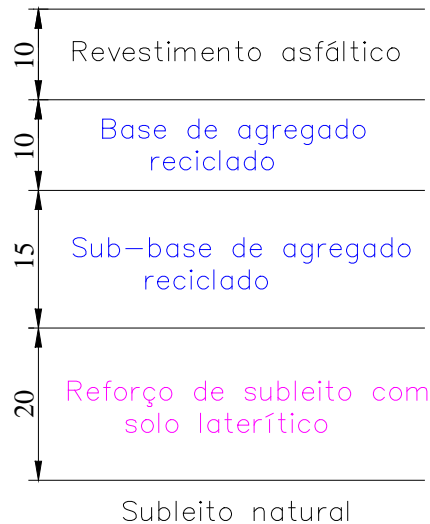
### Pavimento Ecológico da USP-Leste

#### Seções-Tipo

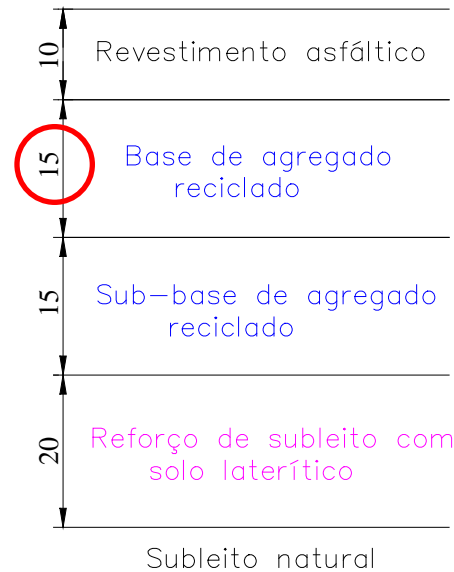
Seção-tipo 1  
0,000km – 0,160km



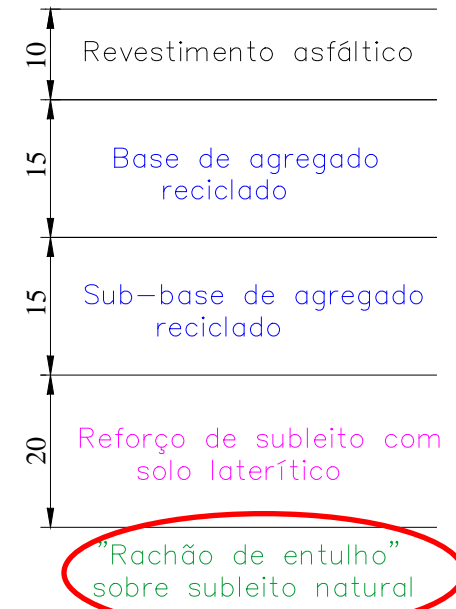
Seção-tipo 2  
0,160km – 0,240km



Seção-tipo 3  
0,240km – 0,720km



Seção-tipo 4  
0,720km – 1,020km



Leite, 2007

## ESTUDOS NA USP – LEITE (2007)

Pavimento Ecológico da USP-Leste

Subleito: antigo “bota-fora” durante a construção da Rodovia Ayrton Senna



Leite, 2007



## ESTUDOS NA USP – LEITE (2007)

Pavimento Ecológico da USP-Leste

Subleito: rachão de “entulho”



Leite, 2007



## ESTUDOS NA USP – LEITE (2007)

Pavimento Ecológico da USP-Leste

Reforço de Subleito: solo selecionado (CBR  $\geq 10\%$ )



Leite, 2007

## **ESTUDOS NA USP – LEITE (2007)**

Pavimento Ecológico da USP-Leste

5.000 toneladas de agregado reciclado  
(recicladoras de Santo André e São Bernardo do Campo)





## ESTUDOS NA USP – LEITE (2007)

Pavimento Ecológico da USP-Leste  
Base e Sub-base de agregado reciclado de RCD



Leite, 2007

## ESTUDOS NA USP – LEITE (2007)

Pavimento Ecológico da USP-Leste

Trecho comparativo – Base de BGS



Leite, 2007



## ESTUDOS NA USP – LEITE (2007)

Pavimento Ecológico da USP-Leste

Revestimento asfáltico: asfalto-borracha



Leite, 2007



## ESTUDOS NA USP – LEITE (2007)

### Pavimento Ecológico da USP-Leste

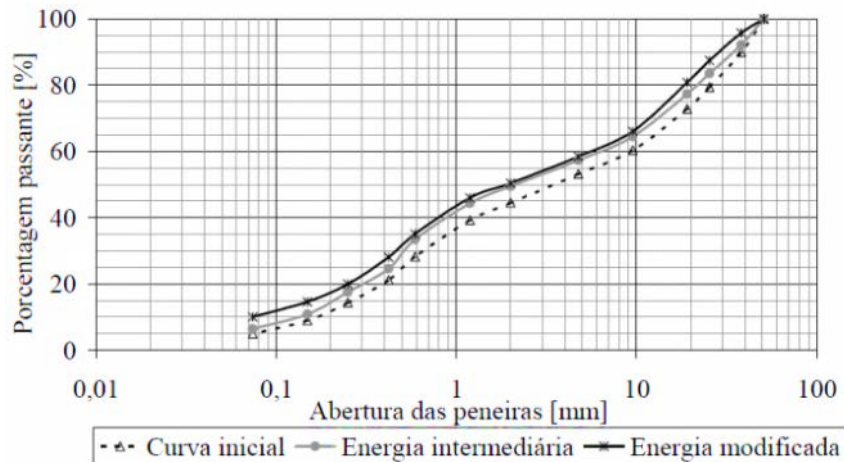


Leite, 2007

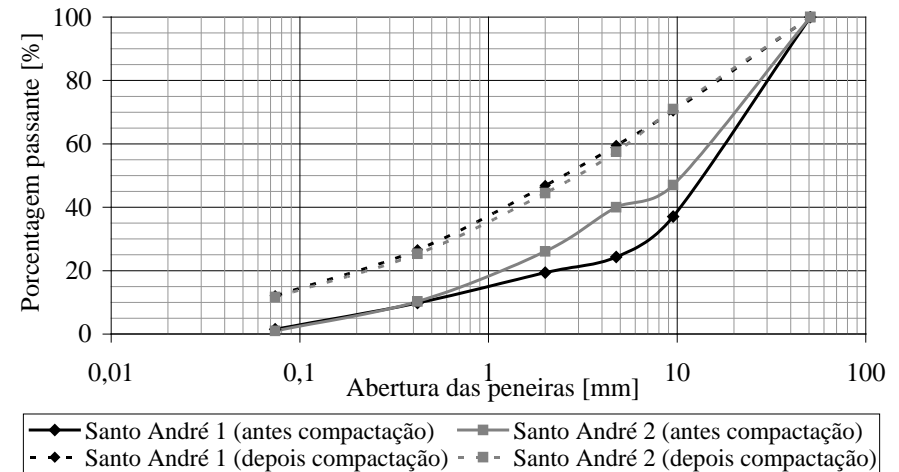
## ESTUDOS NA USP – LEITE (2007)

### Pavimento Ecológico da USP-Leste Importância da compactação

Laboratório



Campo



## ESTUDOS NA USP – LEITE (2007)

Pavimento Ecológico da USP-Leste  
Controle tecnológico dos materiais  
Dynamic Cone Penetrometer (DCP)



Camada	DPI <sub>médio</sub> [mm/golpe]	ISC <sub>médio</sub> [%] USACE
Base	4,62	53
Sub-base	5,53	46
Ref. de subleito	9,07	27
Subleito	115,22	0,3

Leite, 2007





## ESTUDOS NA USP – LEITE (2007)

Pavimento Ecológico da USP-Leste

Retroanálises com ELSYM5

Segmento homogêneo	Camada	Material	$M_R$ [MPa]
1	base	<b>BGS</b>	<b>340</b>
	sub-base	agregado reciclado	320
2	base	agregado reciclado	330
	sub-base		290
3	base	agregado reciclado	250
	sub-base		240
4	base	agregado reciclado	340
	sub-base		310

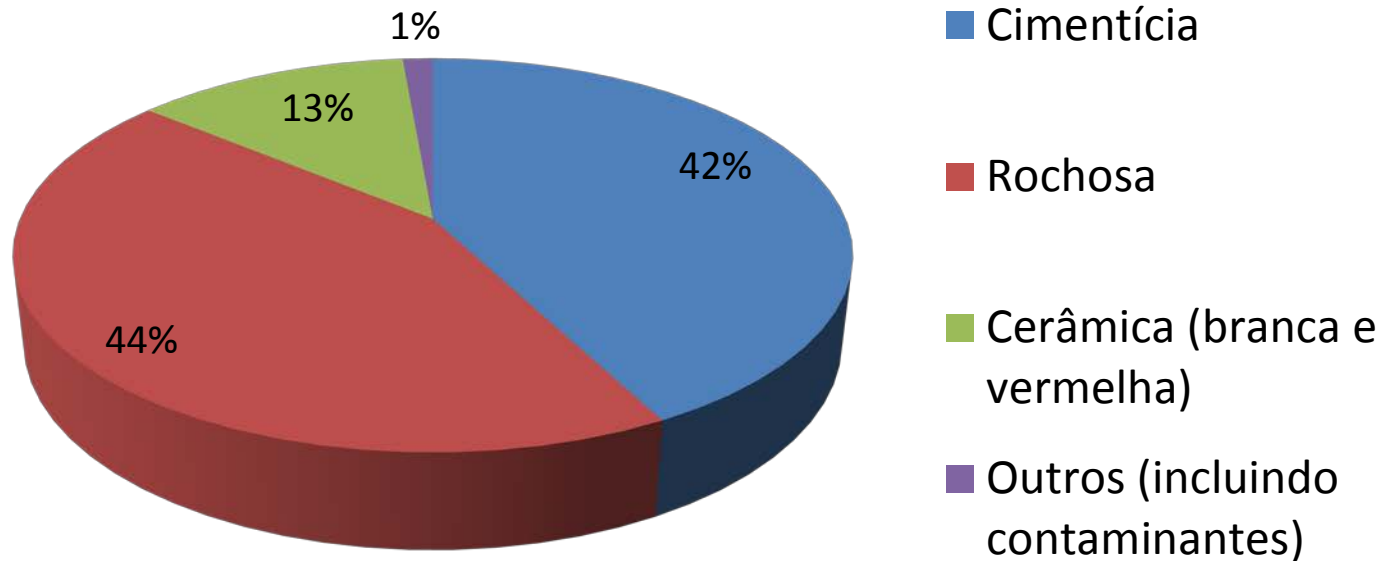
Leite, 2007



**ESTUDOS NA USP – BEJA (2013)**

## ESTUDOS NA USP – BEJA (2013)

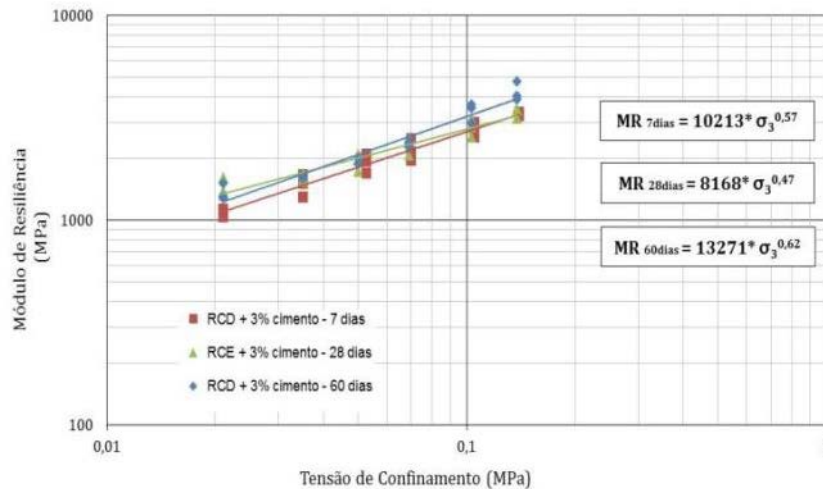
### Composição



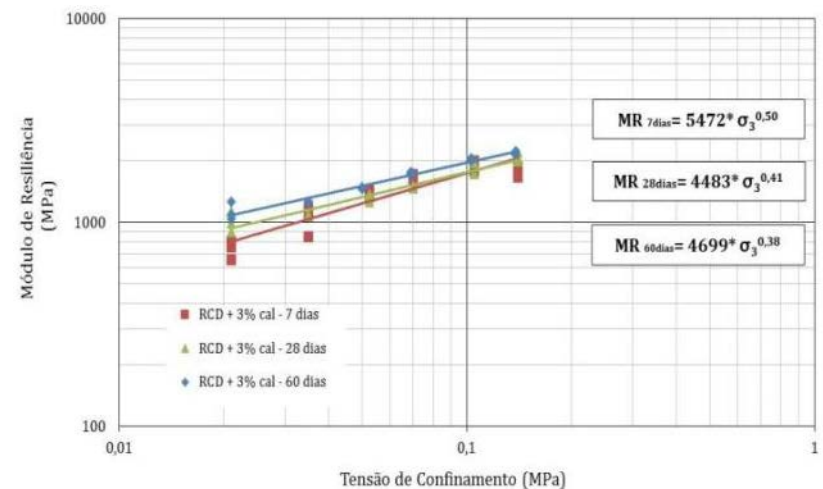
Beja, 2013

## ESTUDOS NA USP – BEJA (2013)

Variação do módulo de resiliência com o tempo: Capacidade de auto cimentação



agregado reciclado + cimento



agregado reciclado + cal

Beja, 2013

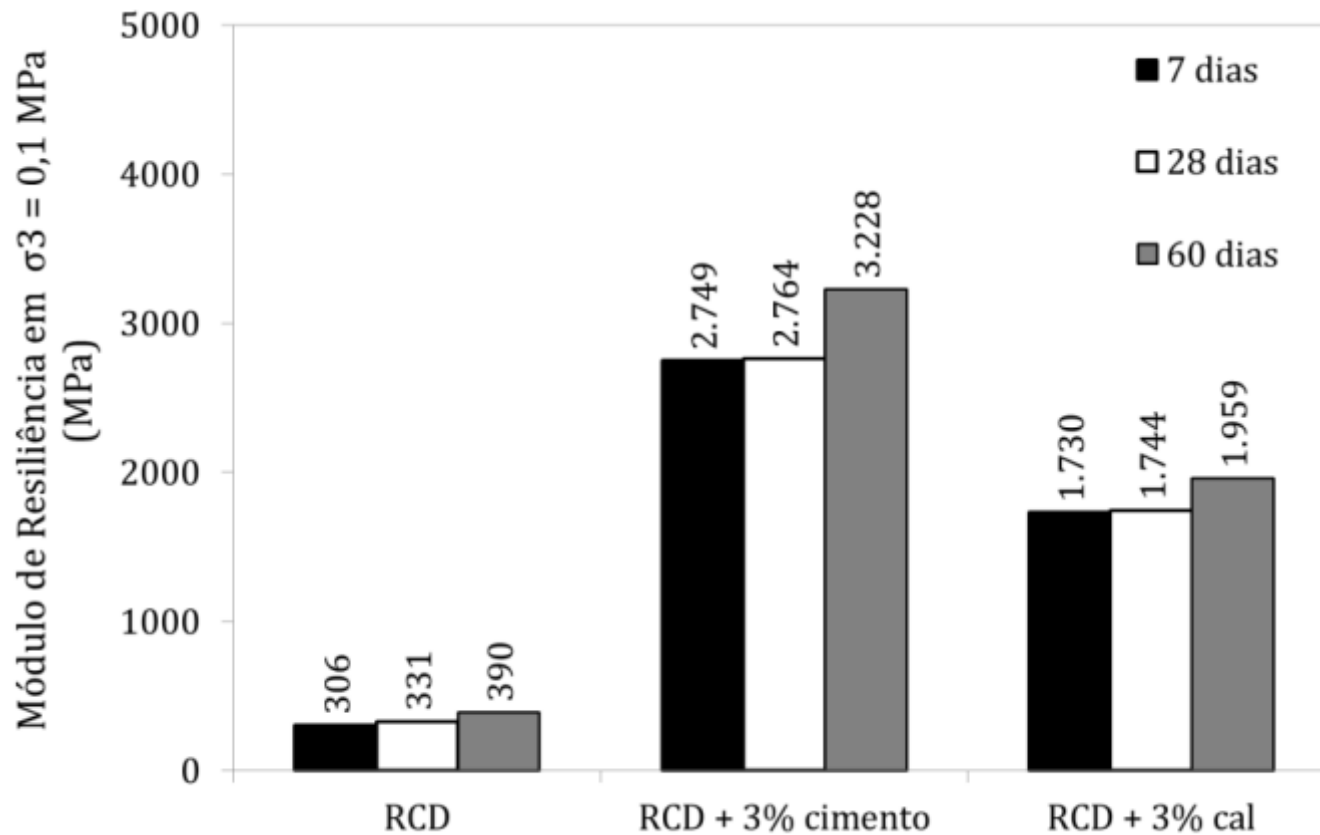




## ESTUDOS NA USP – BEJA (2013)

Variação do módulo de resiliência com o tempo: Capacidade de auto cimentação

Comparativo

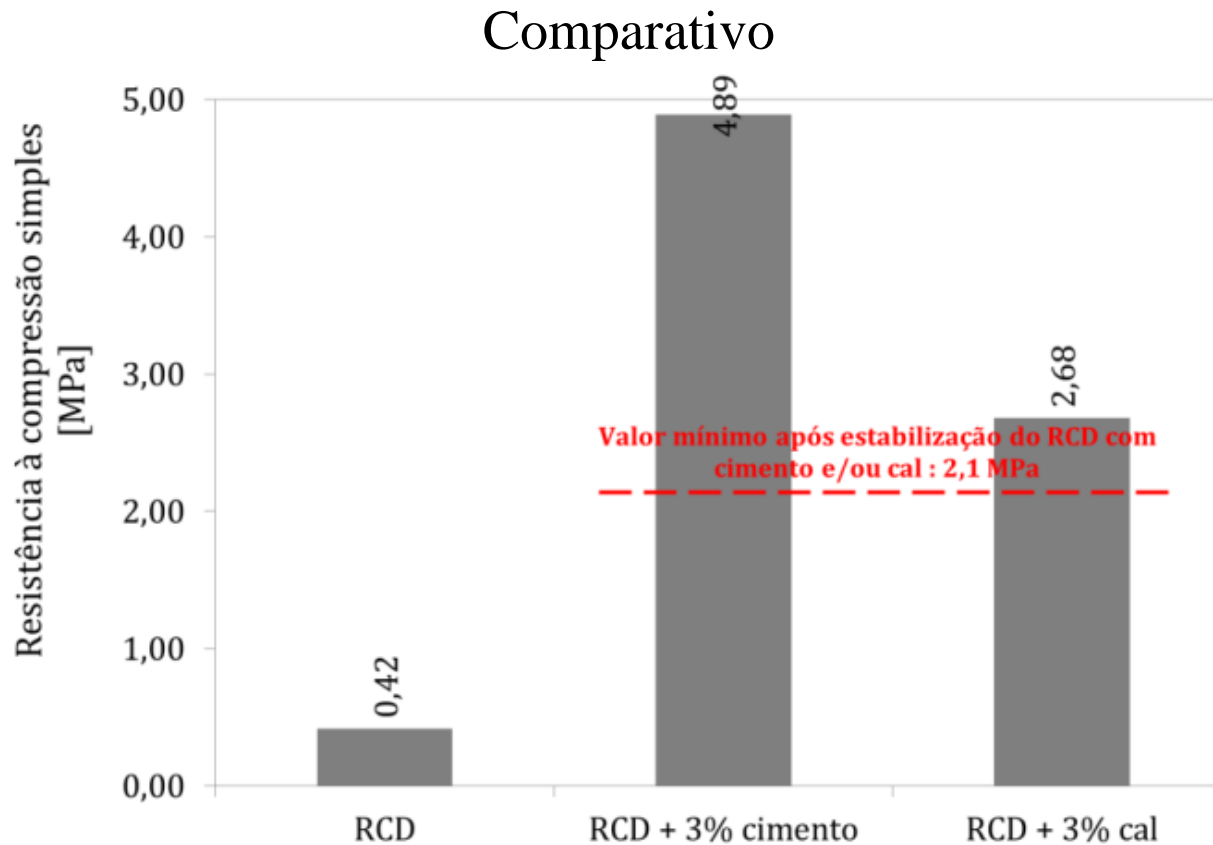


Beja, 2013



## ESTUDOS NA USP – BEJA (2013)

Variação da resistência à compressão simples com o tempo:  
Capacidade de auto cimentação

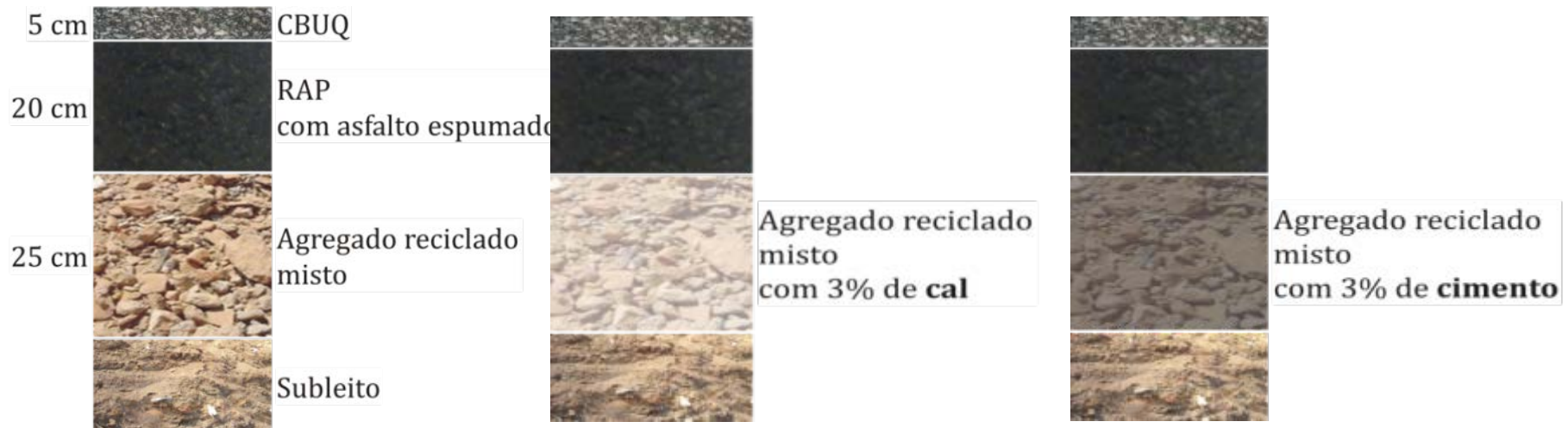


Beja, 2013

## ESTUDOS NA USP – BEJA (2013)

### Trechos experimentais na Avenida Sapopemba

- Projeto original da obra: 5 km de extensão;
- Trechos experimentais: 300 m de extensão (3 segmentos 100 m cada);
- Pista simples



Trecho experimental 1  
PROJETO ORIGINAL

Trecho experimental 2

Trecho experimental 3

Beja, 2013

## ESTUDOS NA USP – BEJA (2013)

Trechos experimentais na Avenida Sapopemba



Beja, 2013



## ESTUDOS NA USP – BEJA (2013)

Trechos experimentais na Avenida Sapopemba



Beja, 2013

## ESTUDOS NA USP – BEJA (2013)

Trechos experimentais na Avenida Sapopemba



Beja, 2013



## ESTUDOS NA USP – BEJA (2013)

Trechos experimentais na Avenida Sapopemba

### Camada de Base

- Mistura de agregados e espuma de asfalto em usina: KMA 200
- Granulometria RAP = 80% RAP + 19% Pó RAP e 1% cal + 2,5% CAP
- Lançamento e espalhamento com o uso de vibro-acabadora com rosca sem fim



Beja, 2013

## ESTUDOS NA USP – BEJA (2013)

Trechos experimentais na Avenida Sapopemba

### Camada de Base

- Energia de compactação: Intermediária ou Superior
- Compactação: Combinação de rolos pneumático e liso
- Após a camada executada, permanecer 72h “aberta” para perder o excesso de umidade, antes da execução do revestimento asfáltico



Beja, 2013



## ESTUDOS NA USP – BEJA (2013)

Trechos experimentais na Avenida Sapopemba

### Camada de Revestimento - CBUQ

- Revestimento de concreto asfáltico usinado a quente
- Limpeza e aplicação da pintura de ligação na base de RAP espumado
- Controle da temperatura durante o espalhamento e no início da compactação



Beja, 2013

## ESTUDOS NA USP – BEJA (2013)

Trechos experimentais na Avenida Sapopemba

### Camada de Revestimento - CBUQ

- Distribuição e espalhamento em vibroacabadora
- Compactação: Rolos pneumático e liso

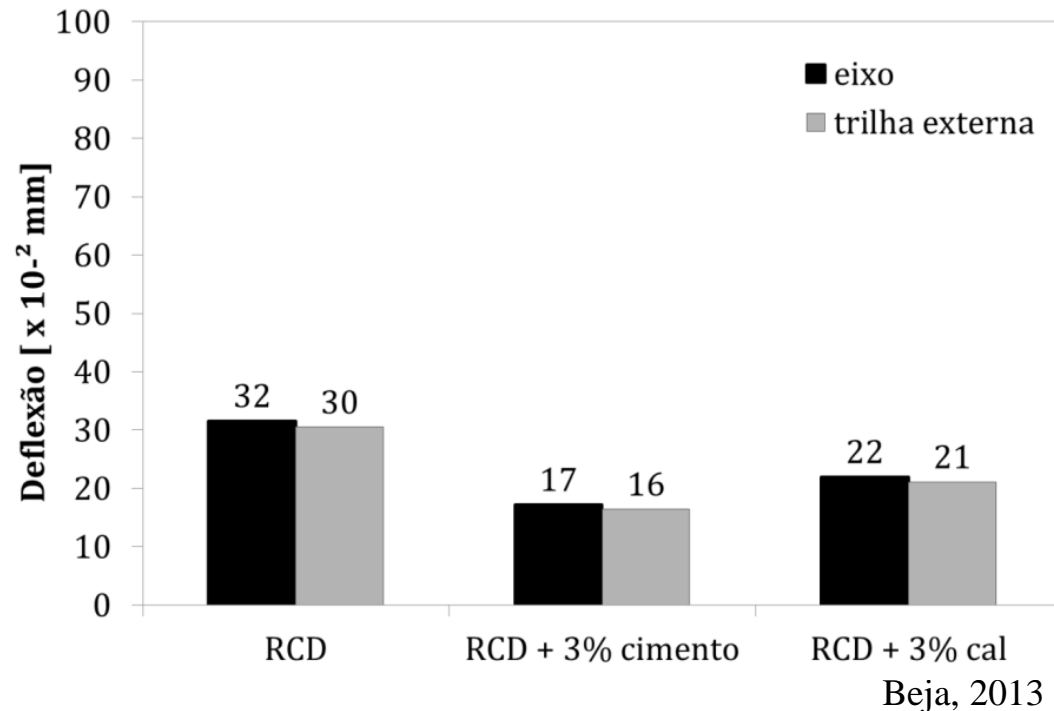


Beja, 2013

## ESTUDOS NA USP – BEJA (2013)

Trechos experimentais na Avenida Sapopemba

Levantamento de deflexões – FWD



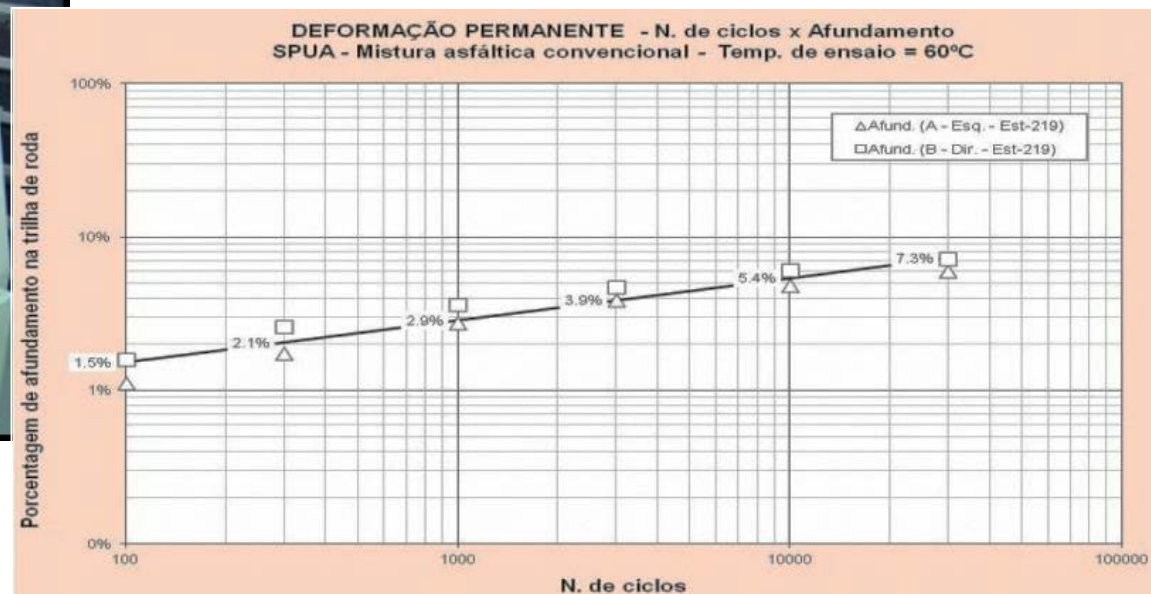
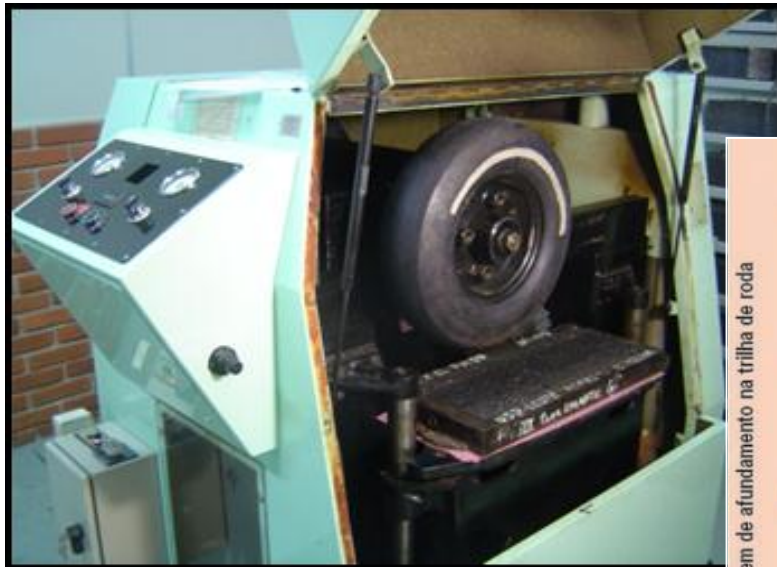


## ESTUDOS NA USP – BEJA (2013)

Trechos experimentais na Avenida Sapopemba

### Ensaio laboratoriais - CBUQ

- Deformação permanente em trilha de roda



Beja, 2013



## ESTUDOS NA USP – BEJA (2013)

Trechos experimentais na Avenida Sapopemba

### Ensaio laboratoriais – RAP espumado

- Resistência à tração



RT seco (MPa)	RT úmido (MPa)	Razão (%)
0,283	0,278	98,2

Beja, 2013



**ESTUDOS NA USP – SILVA (2013)**



## ESTUDOS NA USP – SILVA (2013)

### Capacidade reativa da fração fina



Resíduo demolição  
natureza cimentícia (Cim)

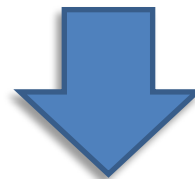


cimento anidro

Resíduo  
tijolos de cerâmica vermelha (Cv)



matéria prima + 600 a 800°C = pozolana



Cim + Cv

(com ou sem aglomerantes)

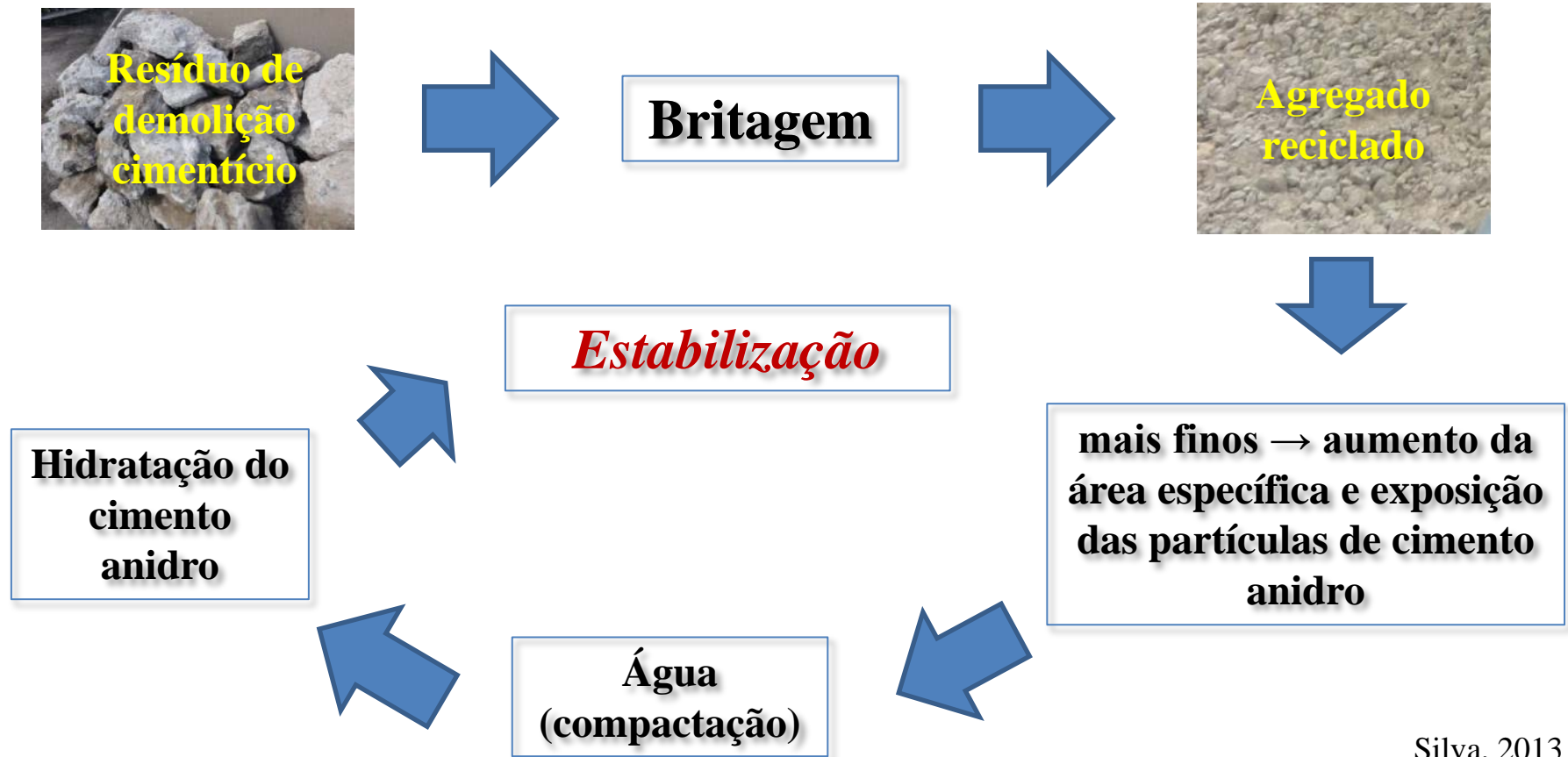


**MISTURAS ESTABILIZADAS**

Silva, 2013

## ESTUDOS NA USP – SILVA (2013)

### Ativação dos finos Cimentício (Cim)



Silva, 2013



## ESTUDOS NA USP – SILVA (2013)

### Agregado reciclado cimentício (Cim)



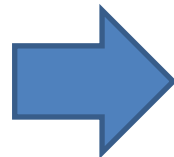
Silva, 2013

## ESTUDOS NA USP – SILVA (2013)

### Ativação dos finos Cerâmica Vermelha (Cv)



Resíduo de  
tijolos de  
cerâmica  
vermelha



**Britagem**



Agregado  
reciclado



***Estabilização***



**Reação  
pozolânica**



**Água  
+ Hidróxido de cálcio  
(compactação)**



**mais finos →  
aumento da área  
específica →  
pozolana**

Silva, 2013

## ESTUDOS NA USP – SILVA (2013)

Agregado reciclado de cerâmica vermelha (Cv)



Silva, 2013

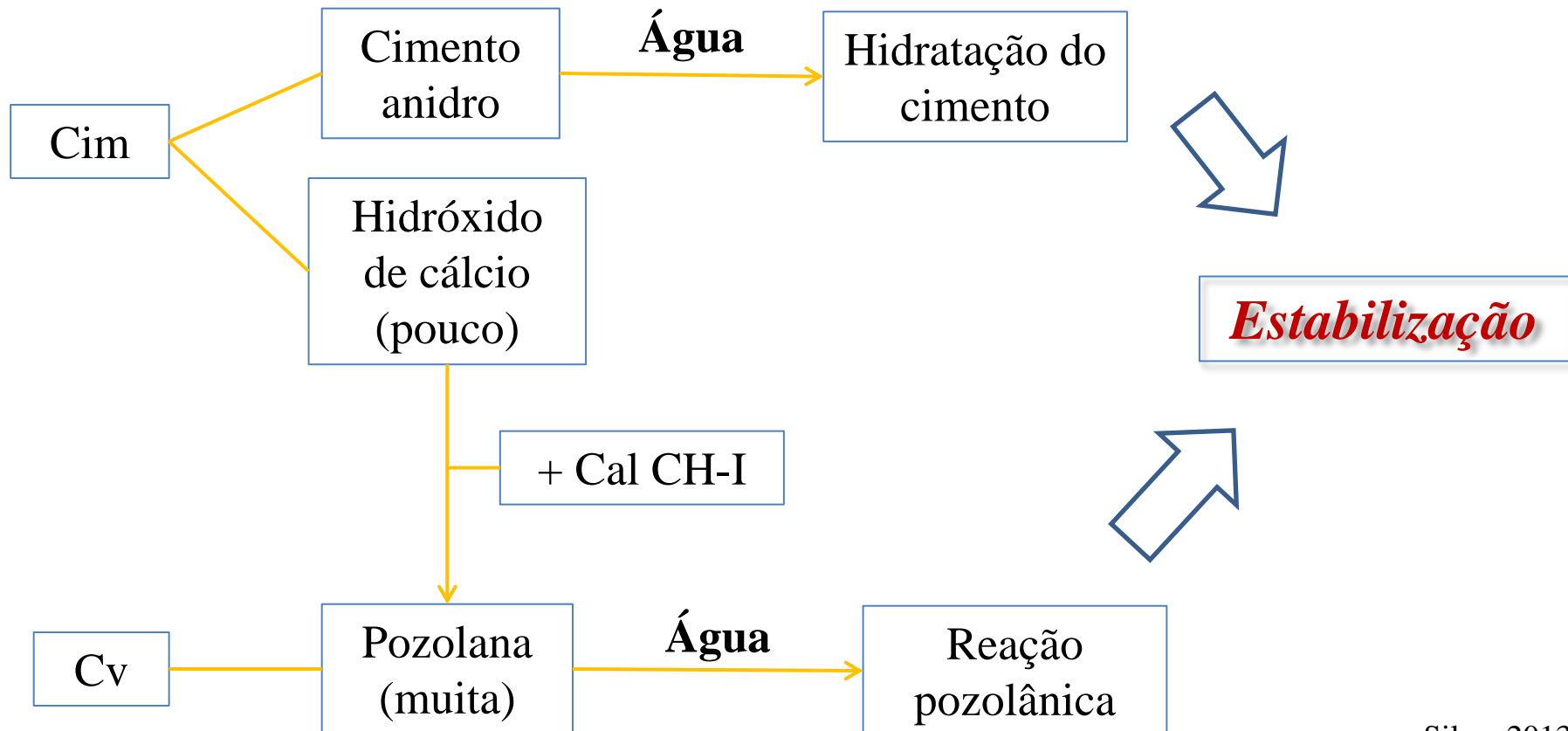




## ESTUDOS NA USP – SILVA (2013)

Ativação dos finos

**Cim + Cv**



Silva, 2013





## ESTUDOS NA USP – SILVA (2013)

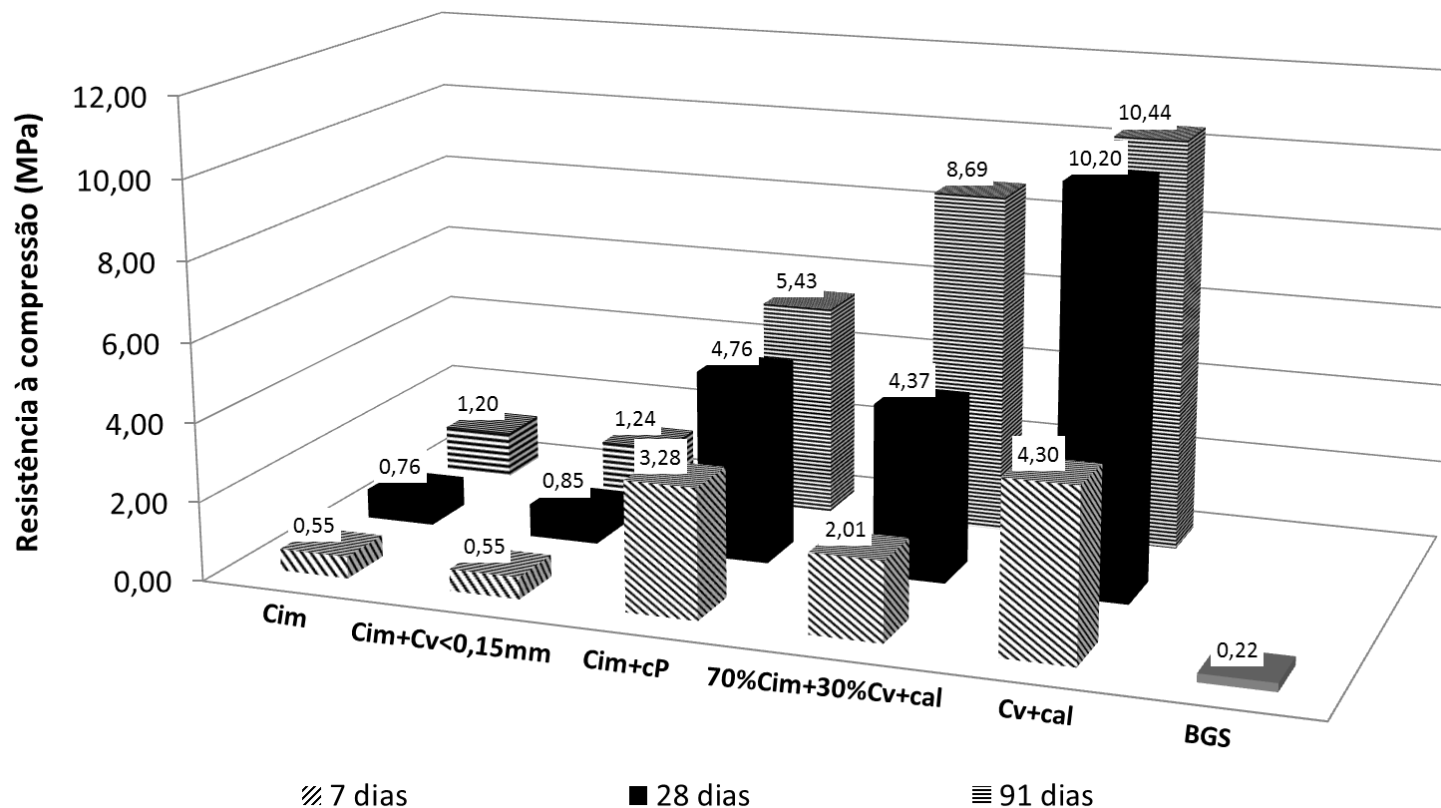
### Misturas estudadas

- ✓ Cim
- ✓ Cim + 0,15% de Cv < 0,15mm
- ✓ Cim + 4% de cimento Portland
- ✓ 70% Cim + 30% Cv + 6,3% de cal CH-I
- ✓ Cv + 18,6% de cal CH-I



## ESTUDOS NA USP – SILVA (2013)

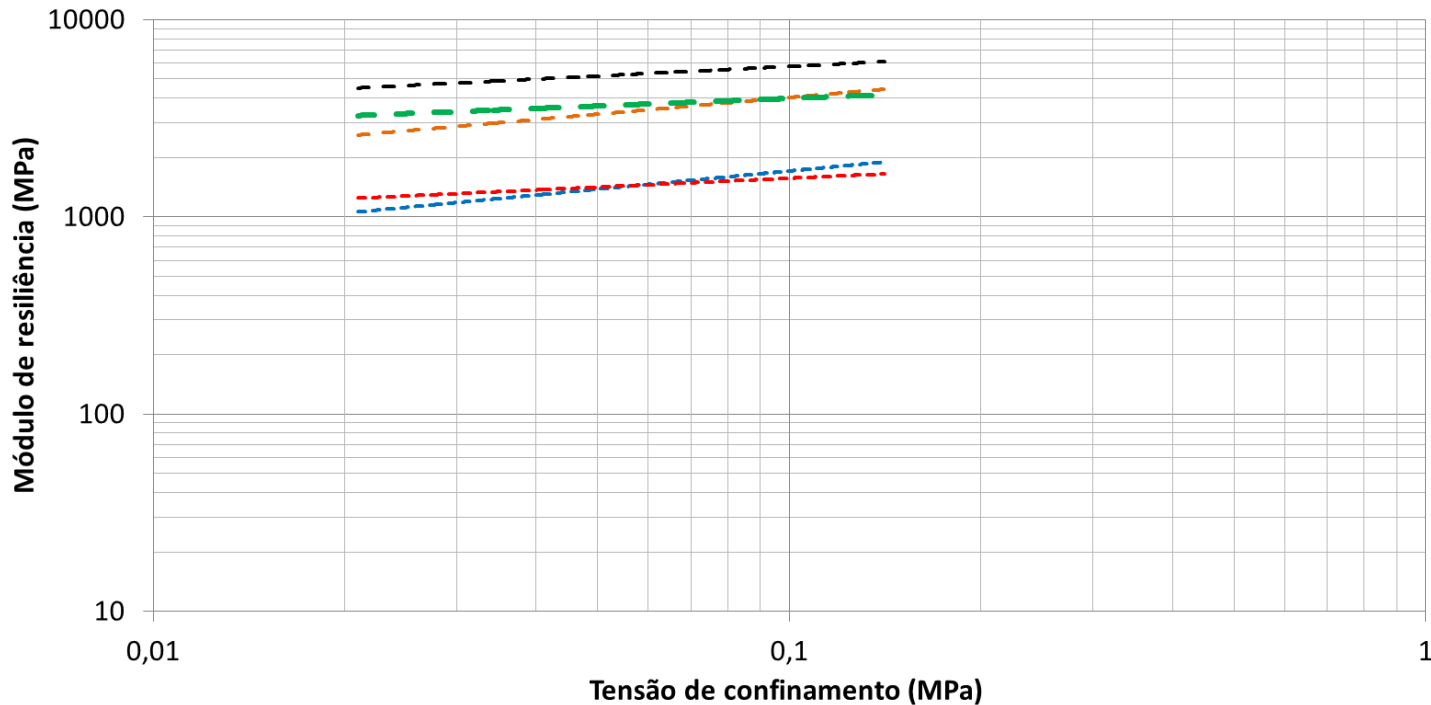
### Ensaio de comportamento mecânico Resistência à compressão





## ESTUDOS NA USP – SILVA (2013)

### Ensaio de comportamento mecânico Módulo de resiliência (91 dias)



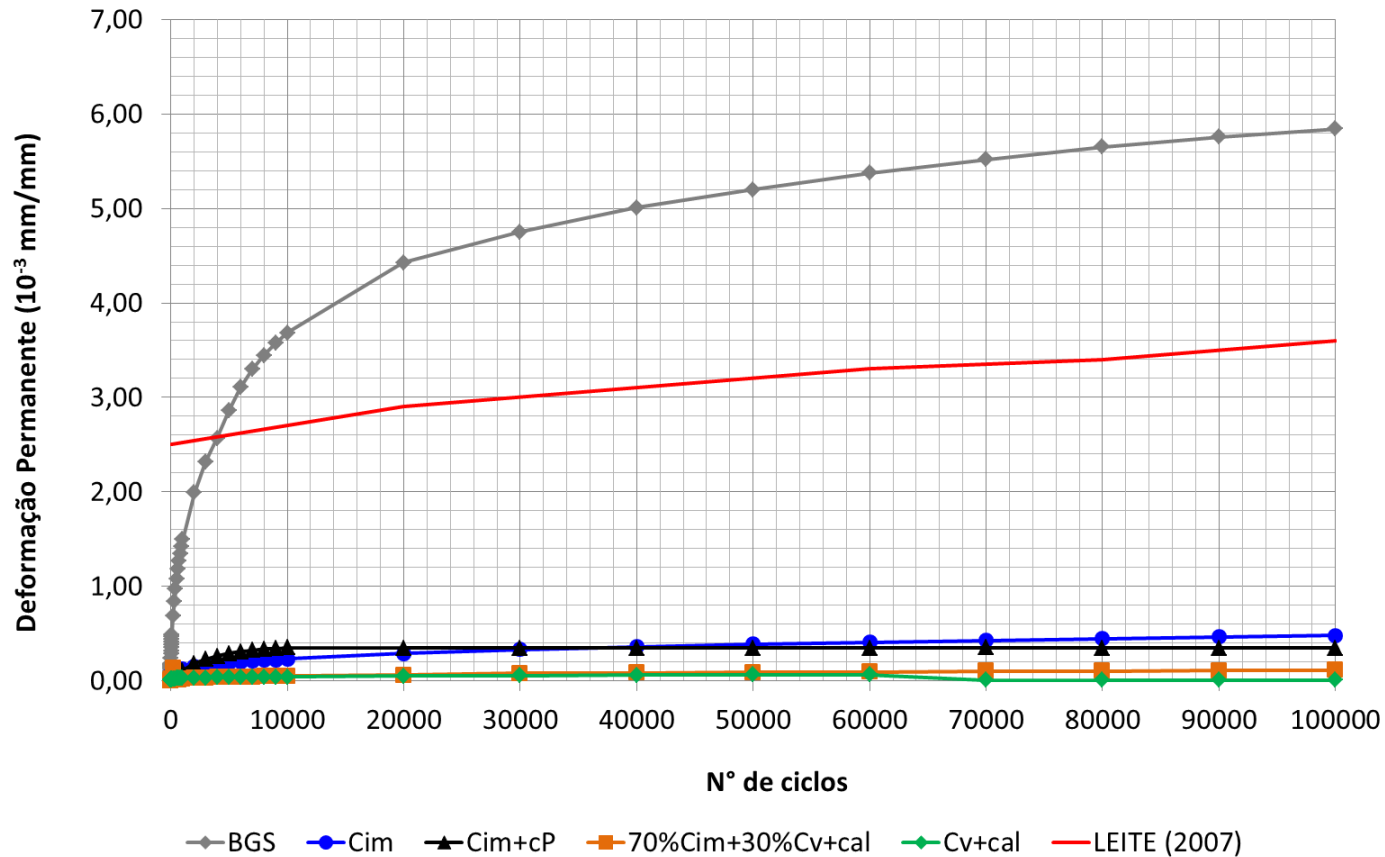
- Potência (Cim-100x200)
- - Potência (Cim+cP-100x200)
- - Potência (Cv+cal-100x200)

- Potência (Cim+Cv<0,15mm-100x200)
- - Potência (70%Cim+30%Cv+cal-100x200)

Silva, 2013

## ESTUDOS NA USP – SILVA (2013)

### Ensaio de comportamento mecânico Deformação permanente



Silva, 2013



# APLICAÇÃO DE MATERIAIS RECICLADOS NA PAVIMENTAÇÃO

AGREGADO RECICLADO DE  
RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) OU  
RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC)

**rosangela.motta@usp.br**