



**Seminário de Drenagem e Manejo das Águas
Pluviais Urbanas**



**“Aproveitamento dos Resíduos da
Construção Civil (RCC) para a drenagem urbana, camadas de
pavimentos e aterros em obras”,**

–Prof. Ronaldo Stefanutti/UFC

Princípio da sustentabilidade:

“Preservar as jazidas é fundamental para preservar o meio ambiente – recurso não renovável.”



Foto: Paulo Ochando / Secom / Sorocaba



Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)

Segundo a ISO 14040, ACV é a "compilação de avaliação das entradas, saídas de energia e matéria”.

É uma ferramenta de gestão ambiental utilizada para determinar o impacto ambiental de um produto, processo ou serviço durante seu ciclo de vida.

Software: vários disponíveis

Banco de dados: vários disponíveis

Analisa a partir de um banco de dados.

Proporciona realizar a modelagem do ciclo de vida do produto e cálculos de balanços de massa e energia de diferentes produtos.

Necessita de dados regionais.

ACV pode ser desenvolvida em etapas, com o objetivo, escopo e o Inventário do Ciclo de Vida para estudar o consumo energético, as emissões de CO₂, consumo de água, e a produção de resíduos no processo de fabricação dos agregados.

PAZ, 2020

***Princípio da sustentabilidade :
" redução de emissões de GEE"***

Classificação



Entulho

Separação

Separação de ferro e concreto



Britador



Gestão de RCC

Taxas estimadas de reutilização / reciclado de RCC de alguns Estados membros

País	Resultados (Mton)	% de Reutilização ou Reciclagem
Alemanha	72,40	86%
Polónia	38,19	68%
Espanha	31,34	69%
Chipre	0,73	1%
República Checa	14,70	23%
Dinamarca	5,27	94%
Portugal	11,42	48%
Finlândia	5,21	26%
Francia	85,65	45%

Produção média diária de RCD:
0,49 kg por habitante/día
(ABRELPE, 2013).

Entulhos





Contaminação



Segregação na fonte



Usina de reciclagem de resíduos da construção civil. Foto: Janine Moraes/ABr



Ecopontos

Fonte: SLU&H





Fonte: SLIBH





Agregado é derivado de:

-de concreto

- misto

-cerâmica vermelha

**produzem diferentes
propriedades e
características na aplicação**



Agregado derivado:

- de concreto
- misto
- cerâmica vermelha

produzem diferentes propriedades e características na aplicação

- Diferentes resistências, absorção de água, angulosidade, tamanhos desuniformes, diferente comportamento no solo e na massa.
- Necessários ensaios técnicos com aditivos;
- Características do cimento adequadas.
- Necessário ensaios técnicos de resistência, plasticidade, trabalhabilidade.

Agregado reciclado classificado





AREIA



BRITA



BICA CORRIDA



PEDRISCO



RACHÃO

Areia
Pedra britada - grossa
Pedra britada - fina

Agregados gerados



Rachão



Pedrisco



Brita



Areia

Agregados cimentícios



Agregados Mistos

Areia reciclada – Material com dimensão máxima característica inferior a 4,8 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto, utilizada em argamassas de assentamento de alvenaria de vedação, solo-cimento, blocos e tijolos de vedação.

Pedrisco reciclado – Material com dimensão máxima característica de 6,3 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto, utilizado na fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, manilhas de esgoto, entre outros.

Brita reciclada – Material com dimensão máxima característica inferior a 39 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto, utilizado na fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagens.

Bica corrida – Material proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil, livre de impurezas, com dimensão máxima característica de 63 mm (ou a critério do cliente), utilizada em obras de base e sub-base de pavimentos, reforço e subleito de pavimentos, além de regularização de vias não pavimentadas, aterros e acerto topográfico de terrenos.

Rachão – Material com dimensão máxima característica inferior a 150 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto, utilizado em obras de pavimentação, drenagens e terraplenagem.

Separação de ferro e concreto em obra de demolição.



Sistema móvel composto de britador e jogo de peneiras classificatória

Utilização na própria obra.

- Reduz uso de materia prima natural;
- Reduz emissões de GEE (transporte)
- Alivia o transito
- Reduz consumo de combustíveis fósseis.

**Ex. Antigo Centro de Eventos, Fortaleza.
Unifor**

1984 ; 1ª Experiência com AGREGADO RECICLADO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) EM PAVIMENTAÇÃO

Parceria entre Prefeitura de SP e IPT

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.



SEINF/Fortaleza

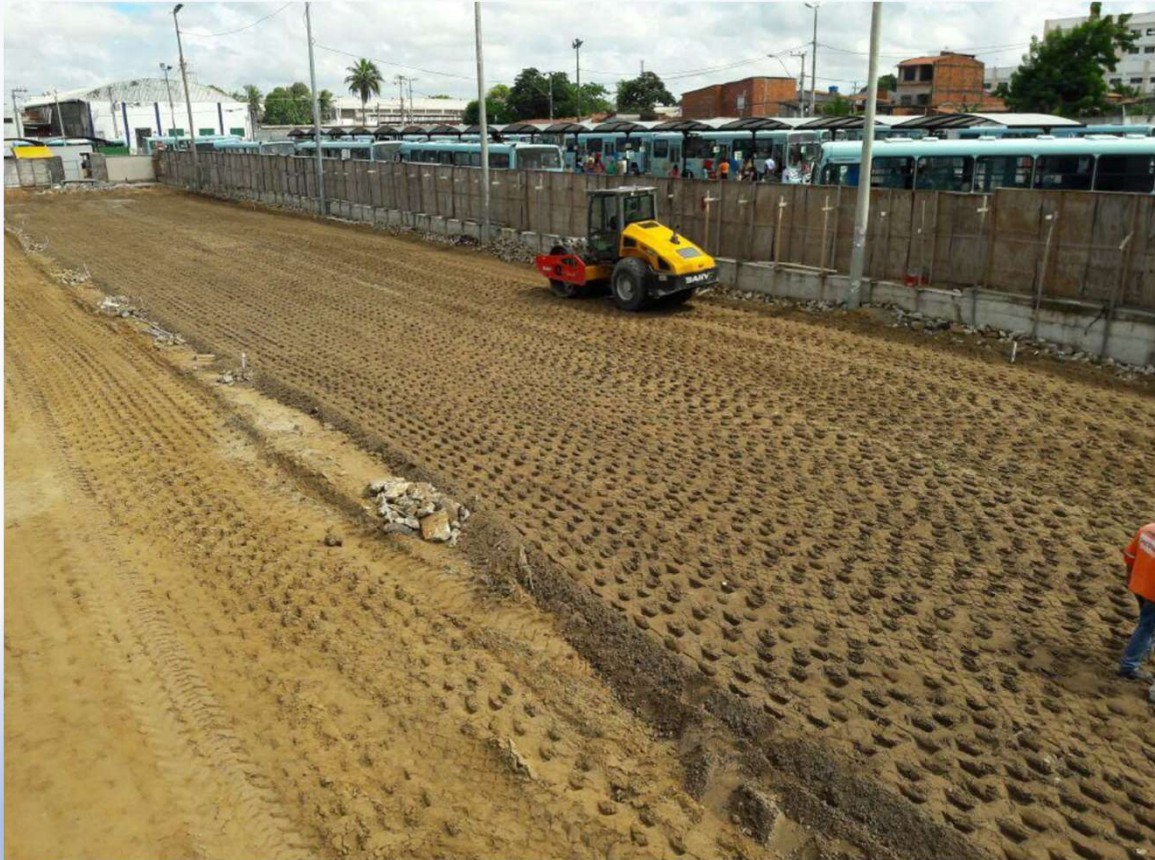


Foto: SEINF/Fortaleza

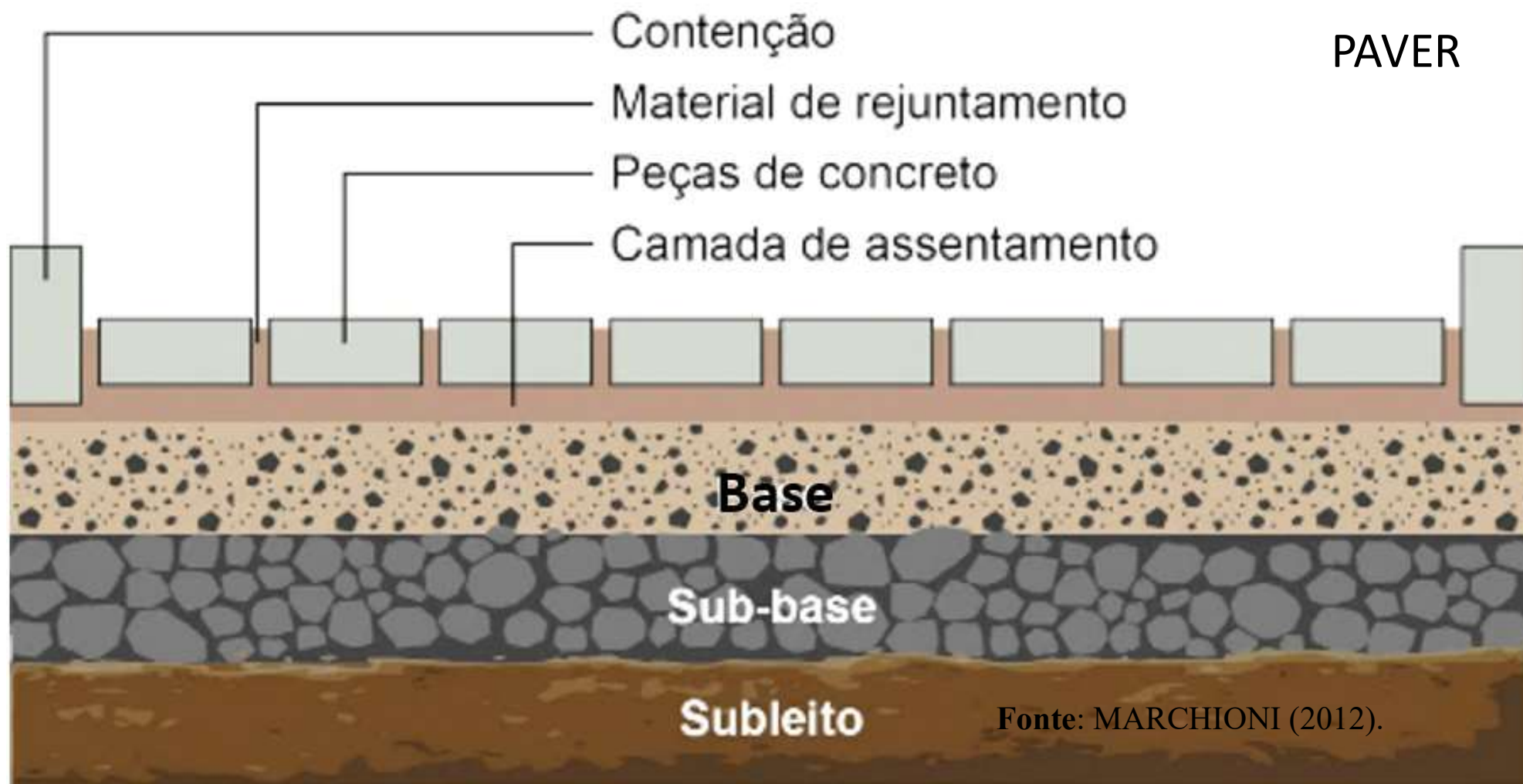
Utilização na própria obra.

- Reduz uso de materia prima natural;
- Reduz emissões de GEE (transporte)
- Alivia o transito
- Reduz consumo de combustíveis fósseis.

**Exemplo de Aplicação:
SEINF
Arena Castelão.**



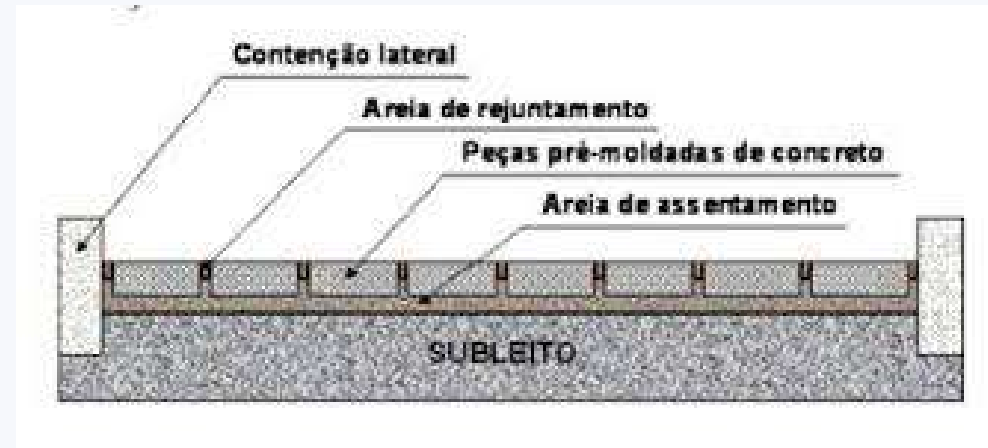
Foto: SEINF Fortaleza





-Monsenhor Tabosa;

Paver



Drenagem urbana

Blocos



Resolução CONAMA nº 307 (2002) Resíduo sólido da construção civil (RCD)

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.

Classificação dos RCC

Classe A: **Infraestrutura** (pavimentação, terraplenagem, etc), **edificações** (cerâmicos, concreto, etc), pré-moldados

Esta resolução prevê, ainda o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil como instrumento para implementação da gestão da construção civil, a ser elaborado pelos Municípios e Distrito Federal

DESTINAÇÃO ADEQUADA

Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil.

IV - Agregado reciclado: é o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia;

IX - Aterro de resíduos da construção civil: é a área onde serão empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil Classe "A" no solo, visando a reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente;



Fonte: Google imagens, 2016

De acordo com o § 1º da 307/02 :

Os resíduos da construção civil **não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares**, em áreas de "bota fora", em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei, obedecidos os prazos definidos no art. 13 desta Resolução.

NORMAS TÉCNICAS ABNT/NBR

- **ABNT/NBR 15112** - Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação
- **ABNT/NBR 15113** - Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.
- **ABNT/NBR 15114** - Resíduos sólidos da construção civil– Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.

NORMAS TÉCNICAS ABNT/NBR

ABNT/NBR 15115 - Esta Norma estabelece os requisitos para o emprego de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil.

ABNT/NBR 15116 - Esta Norma estabelece os critérios para execução de camadas de reforço do subleito, sub-base e base de pavimentos, bem como camada de revestimento primário, com agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil, denominado agregado reciclado, em obras de pavimentação.

A NBR 15.116 (ABNT, 2004f), dispõe sobre os requisitos para utilização de agregados reciclados de RCD em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.

Esta Norma define agregado reciclável como: Material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção ou demolição de obras civis que apresenta características técnicas para a aplicação em obras de edificação e infraestrutura.

REQUISITOS PARA UTILIZAR O AGREGADO RECICLADO EM PAVIMENTAÇÃO NBR 15116

Tabela 1 — Requisitos gerais para agregado reciclado destinado a pavimentação

Propriedades		Agregado reciclado classe A		Normas de ensaios	
		Graúdo	Miúdo	Agregado graúdo	Agregado miúdo
Composição granulométrica		Não uniforme e bem graduado com coeficiente de uniformidade $C_u > 10$		ABNT NBR 7181	
Dimensão máxima característica		≤ 63 mm		ABNT NBR NM 248	
Índice de forma		≤ 3	-	ABNT NBR 7809	-
Teor de material passante na peneira de 0,42 mm		Entre 10% e 40%		ABNT NBR 7181	
Contaminantes - teores máximos em relação à massa do agregado reciclado (%)	Materiais não minerais de mesmas características ¹⁾	2		Anexo A	Anexo B
	Materiais não minerais de características distintas ¹⁾	3		Anexo A	Anexo B
	Sulfatos	2		ABNT NBR 9917	

¹⁾ Para os efeitos desta Norma, são exemplos de materiais não minerais: madeira, plástico, betume, materiais carbonizados, vidros e vidrados cerâmicos.

Fonte: NBR 15116

A reciclagem de RCD como agregado para ser misturado ao solo na constituição das camadas de base, sub-base e revestimentos primários de pavimentação é a alternativa mais difundida e aceita no meio técnico por possuir estudos mais consolidados, (SINDUSCON/CE, 2011)

DECRETO Nº 7.730, DE 12 DE SETEMBRO DE 2008. Município de Americana

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.

DECRETA:

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

§ 1º ..., 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.

Art. 2º Nas especificações técnicas de que trata o artigo 1º deste decreto, deverão ser incluídos os critérios estabelecidos pelas ABNT, NBRs nº 15.115 e nº 15.116, de 30 de junho e de 31 de agosto de 2004, respectivamente, e obedecidas as especificações técnicas a serem estabelecidas para cada obra e serviço pela Secretaria de Obras e Serviços Urbanos – SOSU, **quanto às Camadas de Reforço do Subleito, Sub-Base e Base Mista de Pavimento com Agregado Reciclado de Resíduos Sólidos da Construção Civil.**

-
Art. 3º Para os fins deste decreto, os agregados reciclados de resíduos sólidos oriundos da construção civil serão utilizados nos casos relacionados **na Tabela de Custos** Unitários da Secretaria de Obras e Serviços Urbanos – SOSU, sob o título “Serviços com Agregados Reciclados de Resíduos da Construção”.

Art. 4º Ficam dispensados do cumprimento das disposições deste decreto as obras e serviços de pavimentação de vias: I – executados em caráter emergencial; II – em que a utilização dos agregados reciclados de que trata este decreto seja tecnicamente inexecutável; III – quando não houver disponibilidade, no mercado, de material beneficiado com características adequadas....

DECRETO MUNICIPAL Nº 5.984, DE 26 DE SETEMBRO DE 2005. REGULAMENTA a Lei nº 2.336, de 22 de junho de 2004 que versa sobre o Sistema para Gestão Sustentável de Resíduos Sólidos no âmbito do **município de Diadema** e a Lei nº 1587 de 13 de outubro de 1997 que dispõe sobre o uso de caçambas estacionárias no município.

CAPÍTULO VII DO USO OBRIGATÓRIO DE AGREGADOS RECICLADOS EM OBRAS E SERVIÇOS PÚBLICOS Art. 45 - Em conformidade com o estabelecido no art. 10º, parágrafos 1º e 3º, da Lei nº 2.336 de 22 de junho de 2004, ficam definidas as condições **para o uso obrigatório de agregados reciclados**, ou dos produtos que os contenham, na execução das obras e serviços listados a seguir: I. Execução de sistemas de drenagem urbana ou suas partes, em substituição aos agregados convencionais utilizados a granel em lastros, nivelamentos de fundos de vala, drenos ou massas; II. Execução de obras sem função estrutural como muros, passeios, contrapisos, enchimentos, alvenarias etc.; III. Preparação de concreto sem função estrutural para produção de artefatos como blocos de vedação, tijolos, meio-fio (guias), sarjetas, canaletas, briquetes, mourões, placas de muro etc.; IV. Execução de revestimento primário (cascalhamento) ou **camadas de reforço de sub-leito, sub-base e base de pavimentação em estacionamentos e vias públicas**, em substituição aos agregados

Lei municipal Nº 7.146, de 31 de julho de 2006 - PUB. BM Nº 1.739, DE 29/08/2006 - Institui no município de **São José dos Campos** o Plano Integrado de Gerenciamento e o Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos, de acordo com o previsto na Resolução do CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002, e dá outras providências.

Art. 44 – **Uso preferencial de agregados reciclados**

Lei nº 6.126, de 27 de abril de 2006 - Institui no município de Guarulhos o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e Volumosos e dá providências correlatas.

Art. 19. Os resíduos da construção civil de natureza mineral, classificados como Classe A nas Resoluções do CONAMA, obrigatoriamente, terão uso preferencial na forma de agregado reciclado em obras públicas de infra-estrutura como: revestimento primário de vias, camadas de pavimento, passeios e muros, artefatos, drenagem urbana e em obras de edificações como concreto, argamassas, artefatos e outros, conforme regulamentação do Poder Executivo. § 1º O uso preferencial de agregados reciclados estende-se às obras contratadas ou executadas pela administração pública direta e indireta, obedecidas as normas técnicas brasileiras.

Decreto nº 48.075 de 28 de dezembro de 2006 - Dispõem 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**.



[< < VOLTAR](#) [IMPRIMIR](#)**Materiais Reciclados (Sem Frete) - Versão 027**

Insumo	Descrição	Un	Preço sem Transporte
R0001	PÓ DE PEDRA RECICLADO (SEM TRANSPORTE)	M3	R\$ 23,04
R0002	PEDRA DE MÃO (RACHÃO) RECICLADO (SEM TRANSPORTE)	M3	R\$ 31,74
R0003	BRITA RECICLADA (SEM TRANSPORTE)	M3	R\$ 46,08
R0004	SUB BASE C/ AGREGADO RECICLADO (SEM TRANSPORTE)	M3	R\$ 20,62
R0005	MACADAME 50/50 RECICLADO (SEM TRANSPORTE)	M3	R\$ 27,89
R0006	SOLO BRITA 60/40 RECICLADO (SEM TRANSPORTE)	M3	R\$ 41,23
R0007	SOLO BRITA 50/50 RECICLADO (SEM TRANSPORTE)	M3	R\$ 37,60
R0008	SOLO BRITA 30/70 RECICLADO (SEM TRANSPORTE)	M3	R\$ 32,74

Tabela 2 – Estimativa de gasto com agregado considerando 1 km de obra

Material	Volume (m³)	Unitário (R\$/m³)		Total (R\$/km)		Diferença (%)
		Material natural (Tabela SINAPI)	Material reciclado*	Material natural	Material reciclado	
Brita graduada	2.600,00	56,26	32,00	146.276,00	83.200,00	43,1
Bica corrida	2.600,00	55,30	29,00	143.780,00	75.400,00	47,6
Rachão	7.800,00	58,30	32,00	454.740,00	249.600,00	45,1

* Valor médio obtido por meio de pesquisa de preço em três URE localizada na Região de São Paulo.

Fonte: Dados da Pesquisa



Grato!

Prof. Dr. Ronaldo Stefanutti
e-mail: ronaldostefanutti@gmail.com