

**unesp**  UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

**TARCÍSIO DO AMARAL PANCIERI**

**POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE AGREGADOS  
RECICLADOS DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E  
DEMOLIÇÃO**

**Guaratinguetá  
2013**

TARCÍSIO DO AMARAL PANCIERI

**POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE AGREGADOS  
RECICLADOS DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E  
DEMOLIÇÃO**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Isabel Cristina de Barros Trannin

Guaratinguetá  
2013

P188 P Pancieri, Tarcísio do Amaral  
Potencial de aproveitamento de agregados reciclados de resíduos da construção e demolição / Tarcísio do Amaral Pancieri – Guaratinguetá : [s.n], 2013.  
43 f. : il.

Bibliografia : f. 37-39

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2013.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Isabel Cristina de B. Trannin

1. Construção civil
2. Reaproveitamento (Sobras, refugos, etc.)
3. Demolição
4. Sustentabilidade I. Título

CDU 69

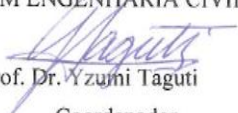


UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá

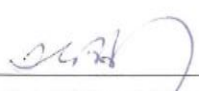
POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE AGREGADOS RECICLADOS DE  
RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

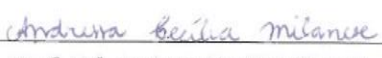
TARCÍSIO DO AMARAL PANCIERI

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO  
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE  
GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL  
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

  
Prof. Dr. Yuzumi Taguti  
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

  
Prof.ª Dr.ª Isabel Cristina de Barros Trannin  
Orientadora – UNESP/FEG

  
Prof.ª. Dr.ª. Andressa Cecília Milanese  
UNESP/FEG

  
Doutorando Bruno Pavanelli Zanella  
UNESP/FEG

Novembro de 2013

## **DADOS CURRICULARES**

TARCÍSIO DO AMARAL PANCIERI

NASCIMENTO	17.03.1989 – SÃO PAULO / SP
FILIAÇÃO	Antônio Lourenço Pancieri Teresinha do Amaral Pancieri
2009/2013	Curso de Graduação em Engenharia Civil Universidade Estadual Paulista – “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Guaratinguetá.

Dedico esta monografia à minha prima Julia que, durante o desenvolvimento desta, completou sua passagem pela Terra e hoje é uma estrela, ao lado das outras, zelando por todos nós.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar aos meus pais, Antônio e Teresinha, por sempre estarem ao meu lado em todos os momentos da minha vida, por todo amor, carinho, amizade, companheirismo, educação e broncas, que eles nunca economizaram em toda essa caminhada. Por sempre terem educado, pelo exemplo, para viver em uma eterna evolução psicológica e fazer o bem sem olhar a quem.

A minha irmã, Thássia, por ser minha guia e meu exemplo desde a primeira compreensão do que me esperaria nessa jornada da vida.

A minha mulher, Talita, minha companheira, minha amiga, meu amor, por sempre estar ao meu lado, faça chuva ou faça sol, e por ser grande responsável de cada vez mais, meus sonhos estarem se tornando realidade.

A toda família Amaral Pancieri, por ser a fundação de toda a estrutura da minha vida.

A minha orientadora, *Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>a</sup> Isabel Cristina de Barros Trannin*, que além da oportunidade de desenvolver este tema, nesta monografia, me orientou e auxiliou durante todo seu processo.

Por último, mas nada menos importante, a toda família TAJ MAHAL, C.D.M. e 69 por todos esses anos de amizade e aprendizado, sem eles minha formação, com certeza ficaria incompleta.

**“Seja a mudança que você gostaria de ver no mundo.”**

Autor desconhecido.



PANCIERI, T. A. **Potencial de aproveitamento de agregados reciclados de resíduos da construção e demolição.** 2013. 43 f. Trabalho de Graduação (Graduando em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

## **RESUMO**

A Resolução CONAMA 307/02, em seu Art. 4, esclarece que o objetivo prioritário dos envolvidos no processo de reutilização dos resíduos de construção civil e demolição (RCD) é a não geração de tais resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final adequada de tal material. A problemática da disposição final de grandes volumes de resíduos gerados aliada à escassez de recursos naturais e à degradação ambiental envolvida no processo de extração de tais materiais resultou em diversos estudos, que após muitas análises propuseram diversas formas de reúso e reciclagem dos RCD. A norma NBR 15.116/04 dispõe sobre certos requisitos para a utilização de agregados reciclados de RCD em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. Este trabalho teve como objetivo apresentar o potencial de aproveitamento dos agregados reciclados de resíduos gerados nas construções e demolições amostrados do Grupo AB Areias, de Pindamonhangaba (SP), visando o atendimento das normas brasileiras, bem como a contribuição ambiental, pela diminuição do uso de matérias primas extraídas da natureza. Após a estabilização granulométrica e análise do Índice de Suporte Califórnia e Proctor, as misturas de agregados reciclados obtidas apresentaram valores maiores aos mínimos apresentados pelas normas relacionadas, apresentando excelente potencial para o uso em obras de pavimentação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Construção Civil; Reaproveitamento; Sustentabilidade; Inovação; Reciclagem; Resíduos sólidos.

PANCIERI, T. A. **Usage potential of recycled aggregates from construction and demolition waste.** 2013. 43 f. Graduate Work (Graduate in Civil Engineering) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

### **ABSTRACT**

CONAMA Resolution 307 / 02, in Article 4, states that the primary goal of those involved in the reuse process of construction and demolition waste is not the generation of such wastes, secondarily is the reduce, reuse, recycling and proper disposal of such material. The disposal problem of large volumes of waste generated coupled with the scarcity of natural resources and environmental degradation involved in the extraction process of such materials resulted in several studies, that after many analyzes proposed various forms of reuse and recycling . The NBR 15.116/04 provides requirements for the use of recycled aggregates in paving and concrete without structural function. This work aims to show the usage potential of recycled aggregates from waste generated in construction and demolition sampled Group AB Areias, Pindamonhangaba (SP) in order to meet the standards in Brazil, as well as the environmental contribution by reducing the use of raw materials extracted from nature. After stabilization and particle size analysis of the California Bearing Ratio and Proctor, obtained mixtures of recycled aggregates showed higher values submitted by the minimum standards related, with excellent potential for use in paving.

**KEYWORDS:** Construction Works; Reuse; Sustainability; Innovation; Recycling; Solid Waste.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Composição da cadeia produtiva da construção civil. (CBIC, 2010).....	19
Figura 2 - Maquinários necessários para a realização do processo de Beneficiamento do RCD.....	21
Figura 3 - Peneiras para separação/classificação granulométrica dos agregados. ....	22
Figura 4 - Corpo de Prova com agregado cerâmico. (Grupo de Estudos em Materiais Alternativos para Construção e Concretos Especiais).....	25
Figura 5 - Argamassa feita com pó cerâmico. (Grupo de Pesquisa em Materiais de Construção e Estruturas).....	25
Figura 6 - Pisos inter-travados, pré-moldados em concreto. (Grupo de Pesquisa em Materiais de Construção e Estruturas).....	25
Figura 7 - Amostra 1 RCD sem beneficiamento (Pindamonhangaba).....	29
Figura 8 - Amostra 2 RCD sem beneficiamento (Pindamonhangaba).....	30
Figura 9 - Amostra 3 RCD sem beneficiamento (Pindamonhangaba).....	30
Figura 10 - Amostra 4 RCD sem beneficiamento (Pindamonhangaba).....	31
Figura 11 - Amostra 5, Brita 1 reciclada (Pindamonhangaba).....	32
Figura 12 - Amostra 6, Brita 2 reciclada (Pindamonhangaba).....	32
Figura 13 - Amostra 7, Pedrisco reciclado (Pindamonhangaba).....	32
Figura 14 - Amostra 8, Areia reciclada (Pindamonhangaba).....	33
Figura 15 - Curva Granulométrica Mistura 1 – Faixa limite de distribuição granulométrica A DNIT 141/010 .....	34
Figura 16 - Curva Granulométrica Mistura 2 – Faixa limite de distribuição granulométrica A DER-SP ET-DE-P00/010 .....	34
Figura 17 - Curva Granulométrica Mistura 3 – Faixa limite de distribuição granulométrica B DER-SP ET-DE-P00/010 .....	35
Figura 18 - Curva Granulométrica Amostra 1.....	40
Figura 19 - Curva Granulométrica Amostra 2.....	40
Figura 20 - Curva Granulométrica Amostra 3.....	40
Figura 21 - Curva Granulométrica Amostra 4.....	40
Figura 22 - Curva Granulométrica Amostra 5.....	40

Figura 23 - Curva Granulométrica Amostra 6.....	41
Figura 24 - Curva Granulométrica Amostra 7.....	41
Figura 25 - Curva Granulométrica Amostra 8.....	41

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resíduos classificados pela CONAMA nº 307/2002 .....	18
Quadro 2 - Simplificação NBR 15.116/04 .....	26
Quadro 3 - Limites granulométricos Faixa A DNIT e Faixa A e B DER. ....	27
Quadro 4 - Limites de ISC e Expansão (NBR 15.115/04).....	41
Quadro 5 – Características granulométricas das amostras coletadas de RCD .....	42
Quadro 6 - Resultados obtidos para Amostras sem beneficiamento .....	42
Quadro 7 - Resultados de degradação para Amostras sem beneficiamento .....	42
Quadro 8 - Resultados de Proctor e ISC para as misturas .....	43

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	15
2.1 OBJETIVOS GERAIS.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	15
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA</b> .....	16
3.1 RESIDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO (RCD) .....	16
3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS RESIDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO .	17
3.3 GERAÇÃO DOS RESIDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO .....	19
3.4 COMPOSIÇÕES DOS RESIDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO.....	20
3.5 PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DO RCD.....	21
3.6 DESTINAÇÃO FINAL DOS RESIDUOS .....	23
3.7 NORMAS BRASILEIRAS VIGENTES RELACIONADAS AO USO DE AGREGADOS RECICLADOS.....	24
3.8 UTILIZAÇÃO DO AGREGADO RECICLADO NA FORMA DE CONCRETO .....	24
3.9 PAVIMENTAÇÕES UTILIZANDO AGREGADOS RECICLADOS DE RCD .....	26
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	27
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	29
<b>6. CONSIDERAÇÃO FINAIS</b> .....	35
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	37
<b>ANEXOS:</b> .....	40
<b>ANEXO A</b> .....	40
<b>ANEXO B</b> .....	42

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, em meados da década de 1970, houve uma grande expansão dos centros urbanos e, conseqüentemente, da construção civil. No entanto, devido à falta de planejamento urbano e ambiental, os resíduos gerados pela construção civil tornaram-se um problema para os gestores públicos, principalmente quanto à disposição adequada no meio ambiente sem causar impactos ambientais.

A construção civil é a maior geradora de resíduos, além de responsável por um grande impacto devido à extração da matéria prima e como consumidora de recursos naturais. Neste trabalho serão apresentadas técnicas de reciclagem e reuso de resíduos da construção civil em novas obras, que garantem a manutenção da qualidade dos produtos gerados, considerando que os resíduos reciclados podem ter qualidade suficiente para substituir matérias primas extraídas da natureza, como rochas, madeiras, sedimentos, entre outros, que quando aplicados em obras de construção civil podem diminuir os impactos ambientais e conseqüentemente os custos.

A prevenção ambiental e o planejamento da extração dos resíduos gerados pela construção civil poderão evitar a degradação de áreas de preservação permanente, assoreamento de córregos e rios, a proliferação de queimadas e a ocorrência de enchentes, prejudiciais ao ambiente e à população.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Apresentar o potencial de aproveitamento dos agregados reciclados de resíduos gerados nas construções e demolições, visando o atendimento das normas brasileiras vigentes, bem como a contribuição ambiental, pela diminuição do uso de matérias primas extraídas da natureza.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Analisar o uso dos agregados miúdos e graúdos reciclados para a produção de concreto e argamassa em novas obras civis.
- Avaliar as possibilidades de execução de bases e sub-bases de pavimentos pelo uso de material gerado na reciclagem dos resíduos de construção e demolição (RCD).



### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Resíduos de construção civil e demolição (RCD)**

De acordo com a Lei Federal 12.305/2010, os resíduos gerados em ambientes urbanos são classificados conforme sua origem em resíduos domiciliares, comerciais, de varrição, feiras livres, serviços de saúde e hospitalares, portos, aeroportos e terminais rodoviários, industriais, vegetais e agrícolas e são denominados, resíduos sólidos urbanos (RSU).

Os resíduos de construção e demolição (RCD) são aqueles compostos pelos restos ou aparas dos diversos materiais utilizados ou oriundos da construção civil e demolição de edificações em ambientes urbanos.

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 307/2002 trata especificamente dos resíduos de construção civil (RCC) e os define como materiais provenientes de construções, 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, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, assim como os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, comumente chamados de entulhos de obra, calça ou metralha.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT 10.004/04, define os resíduos sólidos de acordo com seus potenciais riscos ao meio ambiente e à saúde pública.

As atividades humanas produzem resíduos e com o crescimento populacional e desenvolvimento de tecnologias para atender a demanda dos bens de consumo, houve um aumento progressivo dos resíduos gerados. A indústria da construção civil é, sem dúvida, uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social do país, sendo a principal geradora de empregos. Por esta razão, existe uma maior preocupação com o desenvolvimento sustentável, tendo em vista o impacto ambiental inerente à atividade, seja pelo consumo de recursos naturais, pela

modificação da paisagem ou pela geração de resíduos (CABRAL e MOREIRA, 2011). Dentre as diversas causas da geração de tais resíduos podemos destacar como principais:

- A falta da qualidade dos serviços que geram perdas, posteriormente descartadas como entulho;
- A urbanização desordenada que gera diversas adaptações e modificações nas construções;
- Desastres naturais e desastres provocados pelo homem (guerra);
- Estruturas mal concebidas;
- Aumento do poder aquisitivo e as facilidades econômicas resultam em um crescimento do setor imobiliário;

### **3.2 Classificação dos resíduos de construção e demolição (RCD)**

De acordo com Resolução CONAMA nº 307/2002, os RCD são classificados como:

CLASSE A – Resíduos reutilizáveis ou recicláveis oriundos de construções, demolições, reformas e reparos de pavimentação, incluindo solos provenientes de terraplenagem;

CLASSE B – Resíduos recicláveis para outras destinações (plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras entre outros);

CLASSE C – Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem/recuperação;

CLASSE D – São os resíduos perigosos oriundos da indústria da construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados advindos de demolições, reformas ou reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais, entre outros.

No quadro 1 podemos ver, respectivamente, os materiais enquadrados em cada classe definida pela Resolução CONAMA nº 307/2002.

Quadro 1 – Classificação da Resolução CONAMA nº 307/2002 para os resíduos da construção e demolição (RCD).

Classe	A	Restos de areia, pedra, peças de concreto demolidas, assim como restos de solos, inclusive solos provenientes de terraplanagem.
	B	Plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e gesso.
	C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação
	D	Tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais, telhas e demais objetos que contenham amianto.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 10004/2004 – Resíduos sólidos – Classificação, que embora trate de resíduos sólidos em geral, classifica-os como:

Perigosos (CLASSE I) – Apresentam algum tipo de periculosidade como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade;

Não Perigosos e não Inertes (CLASSE II - A) – Podem assumir propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;

Não perigosos e Inertes (CLASSE II - B) – Não apresentam nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor;

Usualmente os resíduos da construção civil estão enquadrados na classe II B, composta pelos resíduos que “submetidos ao contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor”.

Entretanto, a presença de tintas, solventes, óleos e outros derivados pode mudar a classificação do RCD para classe I ou classe II A.

Pelo fato dos RCD serem extremamente heterogêneos é preciso cautela tanto na triagem quanto na classificação de um resíduo, pois entre os mesmos podem conter, por exemplo, materiais de pintura e/ou substâncias de tratamento de superfícies, ou qualquer outra substância não inerte, que podem percolar pelo solo e desta forma contaminá-lo.

### 3.3 Geração de Resíduos de Construção e Demolição (RCD)

O setor da Construção Civil engloba setores das diversas áreas de atuação, desde a extração e consequente produção dos materiais até a finalização da construção em si, sendo o setor que mais se destaca pela geração de empregos, renda e pela dimensão, conforme apresentado na figura 1, a construção corresponde a 61,2% de toda a cadeia produtiva.

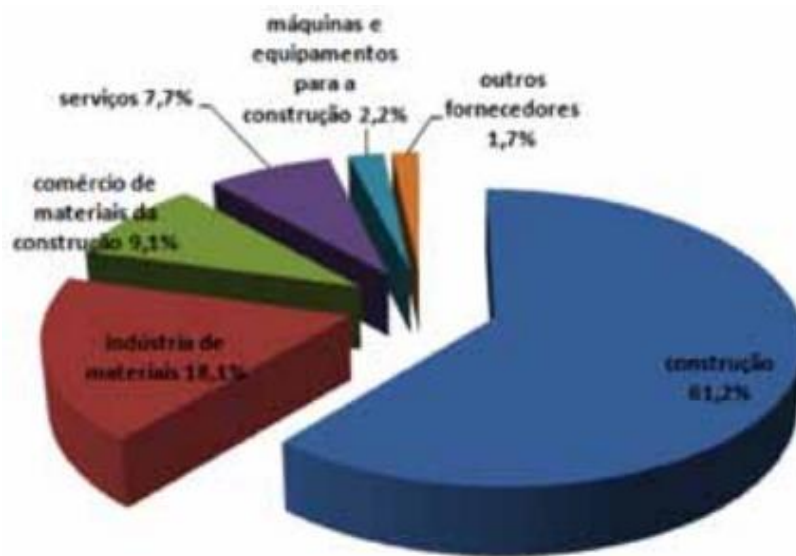


Figura 1 – Composição da cadeia produtiva da construção civil (CBIC, 2010).

Ainda que seja uma estimativa de geração de resíduos de construção e demolição, os valores típicos encontram-se entre 0,40 e 0,50 t hab<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, valor similar ou superior à massa de lixo urbano (CABRAL e MOREIRA, 2011). Alguns locais possuem uma média inferior a nacional, devido a grande quantidade de pequenos geradores que ainda depositam irregularmente, em locais não licenciados. São avaliados apenas resíduos transportados por empresas licenciadas na prefeitura, que

usualmente atendem somente às empresas construtoras, bem como os resíduos coletados pelo órgão municipal responsável pelo pequeno gerador.

### **3.4 Composição dos resíduos de construção e demolição (RCD)**

Devido à grande diversidade de matérias-primas e às técnicas utilizadas na construção civil, as características dos resíduos são diretamente impactadas quanto à sua composição e quantidade. O desenvolvimento econômico e tecnológico da região, as técnicas de demolição empregadas e a estação do ano também podem interferir indiretamente na composição dos RCD.

Os resíduos de construção e demolição são compostos predominantemente por materiais cerâmicos, areia, pedra e aglomerantes. As argamassas e materiais cerâmicos são os mais presentes. A participação das argamassas varia entre 37 e 64%. A composição média dos resíduos de construção varia conforme a região e o período de análise, não sendo possível a fixação de valores definitivos para a porcentagem dos diversos componentes. Mesmo para um mesmo local de amostragem pode-se ter grandes variações na participação de alguns materiais. Em alguns casos a participação dos materiais considerados impurezas é significativa. Um dos problemas do RCD é a variabilidade de composição e conseqüentemente, de outras propriedades desses agregados reciclados (ANGULO, 2000).

Pode-se considerar contaminantes no reciclado praticamente todos os materiais minerais não inertes ou materiais que prejudicam a qualidade de concretos e argamassas, tais como: cloretos, sulfatos, matéria orgânica, produtos industrializados leves (papel, plástico, tecido, borracha, entre outros), vidro betume, vegetação, terra, gesso, madeira, refratários, metais, álcalis e areias industriais quimicamente contaminadas (JOHN, 2001).

Os concretos produzidos com agregados reciclados contaminados com solos argilosos ou matéria orgânica podem sofrer redução das resistências mecânicas ou instabilidade dimensional quando expostos a ciclos de umedecimento/secagem, sendo que, este tipo de contaminação pode atingir indistintamente agregados naturais e reciclados (LEITE, 2001).

### 3.5 Processo de Beneficiamento do RCD

Devido às leis atuais responsabilizarem as empresas geradoras dos resíduos pelo descarte inapropriado destes materiais, resultado da extinção dos aterros clandestinos, as empresas agora necessitam de um laudo efetuado por profissionais competentes ao descarte regular deste tipo de material, em áreas de transbordo e triagem (ATTs).

Conforme a NBR 15.112/04, as ATTs são áreas destinadas ao recebimento de resíduos da construção civil e resíduos volumosos (galharia, podas de arvores, capim), para triagem, armazenamento temporário dos materiais segregados, eventual transformação e posterior remoção e destinação adequada, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente, na figura 2 é apresentado o maquinário utilizado pelo Grupo AB areias para o processo de beneficiamento do RCD, grupo este de empresas do estado de São Paulo, sediadas na cidade de Pindamonhangaba, os quais produzem desde areia e pedra naturais até areia e pedra reciclados: 1) escavadeira hidráulica para inserção do RCD na máquina de britagem, 2) máquina de britagem e 3) peneiras classificadoras, no pátio de um entreposto do município de Pindamonhangaba.



Figura 2 – Maquinário necessário para a realização do processo de beneficiamento do RCD em um entreposto do município de Pindamonhangaba (SP).

Nas ATTs a triagem visa primordialmente à inserção na máquina britadora dos materiais “cinzas”, que são aqueles que têm como composição principal resíduos de concreto.

Quando inserido, o material passa por um processo de britagem, seguido de uma triagem magnética afim de que permaneçam apenas os agregados reciclados e não a composição metálica proveniente de armaduras no concreto.

Esta última triagem é seguida pela finalização do processo de reciclagem do RCD, o qual consiste na separação/classificação granulométrica do material via peneiramento.

Os resíduos que se enquadram na Classe A e são reciclados em forma de agregados, retornam à indústria da construção civil. Os resíduos Classe B segregados na triagem são direcionados à indústria de reciclagem. Na figura 3 pode-se observar o resultado do peneiramento, posterior à britagem dos resíduos de construção e demolição.



Figura 3 – Peneiras para separação/classificação granulométrica dos agregados em Pindamonhangaba (SP).

Atualmente, a venda de tais produtos reciclados ainda não é tão valorizada e incentivada, principalmente, devido aos paradigmas da construção civil, considerando que a mão de obra envolvida na construção civil é pouco instruída e que grande parte dos trabalhadores apresenta pré-conceito negativo em relação a novas opções de materiais e técnicas, ainda mais quando se trata de resíduos.

### 3.6 Destinação final dos Resíduos

Segundo o Art. 10 da Resolução CONAMA nº 307/02, todos os resíduos de construção e demolição enquadrados na Classe A devem ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, devendo ser encaminhados para áreas de aterro de resíduos de construção civil, em último caso.

Os resíduos classificados como Classes B, C e D não possuem especificação de reciclagem ou reutilização por esta Resolução, que apenas indica que, conforme as normas técnicas específicas, estes devem ser armazenados, transportados e destinados em conformidade. A seguir são apresentadas algumas formas de destinação final de alguns componentes de obras, segundo especialistas no assunto:

- Resíduos de concreto, sem beneficiamento, podem ser utilizados como reforço de base e sub-base de pavimentação ou aterro em áreas baixas. Caso passe pelo processo de beneficiamento, britagem e posterior classificação granulométrica, podem ser reutilizados no concreto na confecção de pré-moldados como meio-fio, blocos de vedação, entre outros, assim como agregado na produção de concreto asfáltico;
- A madeira, quando não estiver mais em condições de ser reutilizada na própria obra, deve ser reciclada em forma de papéis, papelões ou até mesmo combustível.
- Os vidros, papéis, papelões e plásticos limpos devem ser reciclados, existem cooperativas competentes que recolhem e reciclam este tipo de material, sem gerar custo para obra.
- Os resíduos cerâmicos podem ser utilizados como massa na fabricação de tijolos, assim como na própria fabricação de concreto, este porém com uma redução na resistência a compressão, ou em concretos especiais com alto poder de isolamento térmico.
- O gesso deve ser reduzido a pó de gesso novamente ou utilizado para correção de solo.
- Resíduos perigosos requerem procedimentos específicos para seu descarte, incineração ou aterro, porém alguns como os óleos, tintas, solventes e baterias podem ser reciclados.



### **3.7 Normas Brasileiras relacionadas ao uso de agregados reciclados**

Atualmente, devido à grande necessidade da gestão e do manejo correto dos resíduos de construção civil e demolição, temos algumas normas vigentes em nosso país, de responsabilidade da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), introduzidas de forma a tornar viáveis os destinos mais adequados aos resíduos gerados em tais atividades, descritas a seguir:

NBR 15112/2004 – Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Área de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação;

NBR 15113/2004 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação;

NBR 15.114/2004 – Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação;

NBR 15115/2004 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos;

NBR 15116/2004 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.

### **3.8 Utilização do agregado reciclado em Concreto**

Vários estudos vêm sendo desenvolvidos no Brasil e no exterior, visando avaliar as propriedades e a possível substituição do agregado natural pelo agregado reciclado do RCD, na confecção de concretos em geral. Como exemplo, no Brasil, temos o Grupo de Pesquisa em Materiais de Construção e Estruturas (GPMATE) da Universidade Federal do Ceará e o Grupo de Estudos em Materiais Alternativos para Construção e Concretos Especiais (MACCE) da Universidade Estadual Vale do Acaraú, com resultados positivos e propondo os seguintes usos em concretos:

- Uso de agregados cerâmicos em substituição parcial do agregado graúdo (brita) no concreto (MACCE), conforme apresentado na figura 4.
- Pó cerâmico como aglomerante na confecção de argamassas (GPMATE), apresentado na figura 5.

- Agregados, miúdo e graúdo, reciclado em substituição dos agregados naturais na confecção de concretos estruturais com resistência a compressão de até 35MPA (GPMATE).
- Produção de pré-moldados de concreto em geral, sarjetas, guias, pisos inter-travados, como ilustra a figura 6.
- Incorporação de pó cerâmico na confecção de tijolos solo-cal (MACCE).



Figura 4. Corpo de Prova com agregado cerâmico (Grupo de Estudos em Materiais Alternativos para Construção e Concretos Especiais)



Figura 5. Argamassa feita com pó cerâmico (Grupo de Pesquisa em Materiais de Construção e Estruturas)



Figura 6. Pisos inter-travados, pré-moldados em concretos (Grupo de Pesquisa em Materiais de Construção e Estruturas).

### 3.9 Utilização de agregados de reciclados de RCD em pavimentação

Atualmente, a alternativa mais difundida para o uso de agregados reciclados na construção civil é o uso em execução de camadas de base, sub-base e revestimentos primários de pavimentação. Além da resistência se dar principalmente pela composição granulométrica adequada dos agregados, tecnicamente é a opção mais aceita por possuir uma maior quantidade de estudos consolidados. Segundo CARNEIRO (2001), o aproveitamento dos agregados reciclados dos RCD apresentam diversas vantagens, como:

- Possibilidade de uso de quantidade significativa dos agregados reciclados.
- Simplicidade tanto nos processos de execução da pavimentação, quanto na dos agregados.
- Utilização de toda a composição do RCD (Concretos, argamassas, cerâmicos, areia, pedras, etc.).
- Utilização da maior parte do material em granulometria graúda, reduzindo assim os custos para o beneficiamento do material.

Legalmente, a norma na qual ficam estabelecidos os critérios para execução de camadas de reforço do subleito, sub-base e base, é a NBR 15.115/04, que estabelece os requisitos para a utilização dos agregados reciclados em pavimentação, apresentados no quadro 2.

Quadro 2 – Requisitos para a utilização dos agregados reciclados de RCD em pavimentação, conforme a NBR 15.116/2004.

Propriedades	Agregado reciclado	
	Graúdo	Miúdo
Composição granulométrica	Não uniforme e bem graduado com coeficiente de uniformidade $CU < 10$	
Dimensão máxima característica	$< 63\text{mm}$	
Índice de forma	$< 3$	-
Material passando na # 0,42mm	Entre 10% e 40%	

Visando um maior uso em pavimentação dos agregados reciclados, temos a possibilidade de fazer uma estabilização granulométrica dos agregados afim de que os mesmos atendem as normas DNIT 141/2010 (Pavimentação – Base Estabilizada Granulometricamente – Especificação de serviço) e DER ET-DE-P00/010 (Sub-base ou Base de bica corrida) para utilização em bases e sub-bases, estabilização esta que deve atender os requisitos granulométricos conforme quadro 3.

Quadro 3: Limites granulométricos Faixa A (DNIT,2010) e Faixa A e B (DER,2010).

Faixas de Projeto	DNIT	DER		Tolerância
	A	A	B	
Peneiras	% em peso passante			
3"	-	100	100	
2 1/2"	-	90-100	-	7
2"	100	-	90-100	7
1"	-	65-90	70-100	7
3/8"	30-65	-	-	7
N 4	25-55	35-70	-	5
N 10	15-40	-	25-55	5
N 40	8-20	-	-	2
N 200	2-8	0-20	0-10	2

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho resultou de uma compilação de dados obtidos na literatura científica e de resultados técnicos de estudos técnico-científicos referentes ao uso de agregados miúdos e agregados graúdos, reciclados, provenientes do beneficiamento do RCD, em substituição total ou parcial dos agregados naturais na realização de obras de infraestrutura e pavimentação, bem como na confecção de compósitos cimentícios.

Além disso, foram obtidas informações do Grupo AB Areias, com sede na cidade de Pindamonhangaba (SP), que fornece matérias primas para a construção civil, extraídas da natureza como areia e pedras britadas e alguns agregados reciclados. Esta empresa disponibilizou um relatório onde foram apresentados os laudos técnicos sobre os resultados de análises granulométricas, Índice de Suporte Califórnia (ISC) e de degradação por compactação de agregados provenientes dos resíduos de Construção e

Demolição (RCD) antes e após o beneficiamento, para a avaliação do potencial de aproveitamento destes agregados em obras de pavimentação e infraestrutura.

Na triagem inicial o material “vermelho”, cuja composição principal é de restos de solos (argila, terra, barro) é separado do material “cinza”, cuja sua composição é de concreto, sendo o material vermelho destinado em quase sua totalidade aos aterros.

Após a triagem ocorre o processo de beneficiamento, onde os RCD são sujeitos a britagem, triagem metálica e posterior classificação granulométrica dos agregados reciclados.

Após um resultado insatisfatório na análise das faixas de distribuição granulométrica, do material beneficiado em relação aos limites estabelecidos pelas normas do DNIT 141/2010 e DER-SP ET-DE-P00/010, para uso de agregados em pavimentação, foi desenvolvido um estudo de estabilização granulométrica empregando-se o método gráfico de Rothfuchs, visando a adequação do material conforme a Norma DNIT 141/2010 – ES (Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente – Especificação de serviço), e faixas A e B, indicadas na Especificação Técnica DER-SP ET-DE-P00/010 (Sub-base ou base de bica corrida).

No Brasil, a construção civil tem como principal material aplicado em todas as suas obras, os agregados, que além de se tratar de minerais limitados, são provenientes de degradantes métodos de extração. Portanto, pretende-se com as informações desse estudo apresentar o potencial de uso dos agregados reciclados de RCD na substituição parcial ou total dos agregados naturais, levando em consideração a realidade brasileira, a viabilidade técnica e de execução destas práticas, assim como, a possibilidade de diminuição da agressão ambiental movida pela necessidade de atender à demanda do mercado da construção civil.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com os resultados obtidos pela Fundação para o Desenvolvimento Técnico e Científico, inicialmente foram recebidas quatro amostras de RCD não beneficiados e bastante heterogêneo, coletado no pátio do Grupo AB Areias, cujas características podem ser visualizadas nas figuras 7 a 10, apresentadas a seguir.



Figura 7 – Amostra 1 de RCD sem beneficiamento, coletada no pátio do Grupo AB Areias de Pindamonhangaba (SP).



Figura 8 – Amostra 2 RCD sem beneficiamento, coletada no pátio do Grupo AB Areias de Pindamonhangaba (SP).



Figura 9 - Amostra 3 RCD sem beneficiamento, coletada no pátio do Grupo AB Areias de Pindamonhangaba (SP).





Figura 10 – Amostra 4 RCD sem beneficiamento, coletada no pátio do Grupo AB Areias de Pindamonhangaba (SP).

De acordo com os resultados da análise dos Índices de Suporte Califórnia (ISC), foi possível verificar que as amostras sem beneficiamento, atendiam as exigências em relação a sua granulometria, estabelecidas pela NBR 15.115/04. No entanto, os ensaios de degradação por compactação, demonstraram que as amostras que não passaram pelo processo de beneficiamento, apresentavam alterações significativas dos tamanhos dos grãos, Conforme ANEXO B.

A triagem e o beneficiamento destas amostras resultaram em produtos os quais podem ser observados nas figuras 11 a 14.



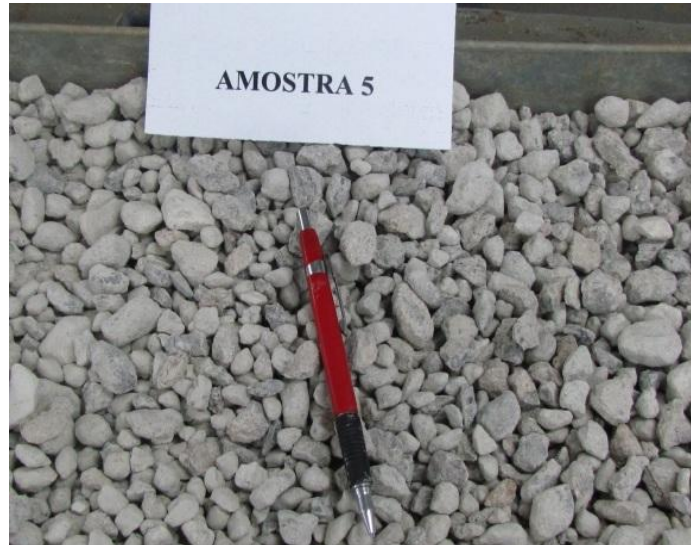


Figura 11 – Amostra 5: Brita 1 reciclada de RCD - Grupo AB Areias em Pindamonhangaba.



Figura 12 – Amostra 6: Brita 2 reciclada de RCD - Grupo AB Areias em Pindamonhangaba.



Figura 13 – Amostra 7: Pedrisco reciclado de RCD - Grupo AB Areias em Pindamonhangaba.



Figura 14 – Amostra 8: Areia reciclada de RCD - Grupo AB Areias em Pindamonhangaba.

Após análise granulométrica dos agregados beneficiados foi possível verificar que as amostras possuíam faixas de distribuições granulométricas que não atenderiam as faixas limites indicadas nas especificações nacionais das Normas do DNIT e do DER para o uso em pavimentação, conforme Anexo B.

Após a estabilização granulométrica foi possível obter misturas dos materiais beneficiados capazes de atender as exigências granulométricas, cujas características são apresentadas a seguir:

- *Mistura 1* – 35% Amostra 8 + 25% Amostra 6 + 40% Amostra 5 – Faixa A (DNIT 141/2010), conforme figura 15.

- *Mistura 2* – 50% Amostra 8 + 25% Amostra 6 + 25% Amostra 5 – Faixa A (DER-SP ET-DE-P00/010), conforme figura 16.

- *Mistura 3* – 60% Amostra 8 + 20% Amostra 6 + 20% Amostra 5 – Faixa B (DER-SP ET-DE-P00/010), conforme figura 17.

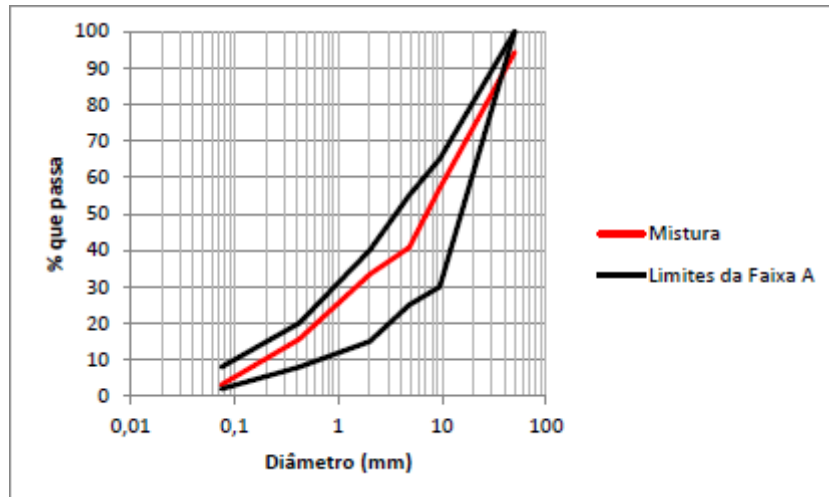


Figura 15 – Curva Granulométrica Mistura 1 – Faixa limite de distribuição granulométrica A DNIT 141/010.

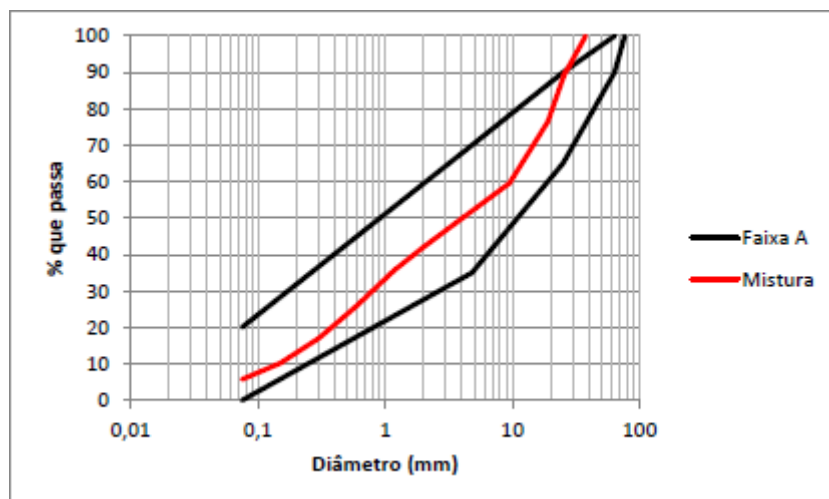


Figura 16 – Curva Granulométrica Mistura 2 – Faixa limite de distribuição granulométrica A DER-SP ET-DE-P00/010.

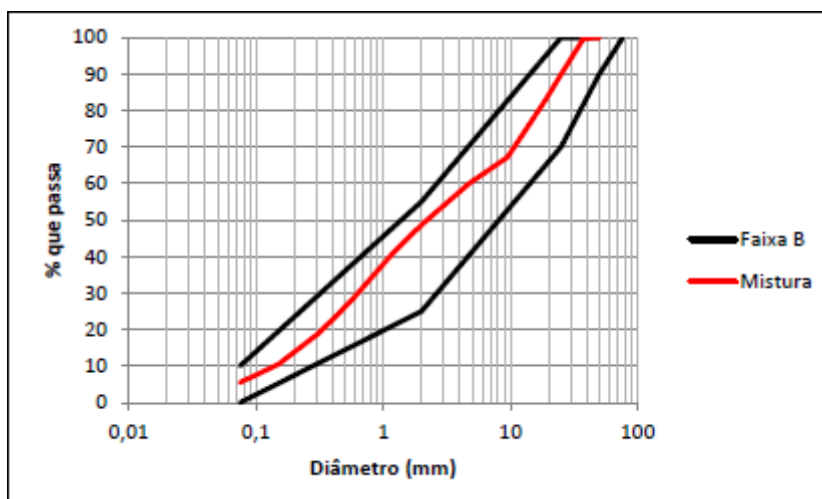


Figura 17 – Curva Granulométrica Mistura 3 – Faixa limite de distribuição granulométrica B DER-SP ET-DE-P00/010

Após a adequação granulométrica dos agregados, as amostras foram submetidas às análises de Índice de Suporte Califórnia (ISC) e Degradação, conforme anexo B e apresentaram resultados satisfatórios, conforme NBR 15.115/04, para uso em obras de pavimentação.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As limitações relacionadas ao uso dos agregados reciclados dos resíduos de construção civil e demolição são devidas, principalmente, à falta de estudos, quanto à viabilidade do processo de beneficiamento e dos possíveis e mais adequados usos para este tipo de material.

De acordo com os resultados obtidos nos ensaios de Índice de Suporte Califórnia (ISC), as amostras sem triagem inicial, considerando-se a energia intermediária de compactação estabelecida pela norma NBR 15.115/04, atende os requisitos para uso em obras de pavimentação.

Os resultados obtidos nos ensaios de degradação por compactação indicam que os agregados reciclados sem beneficiamento de triagem são suscetíveis à quebra pelo processo de compactação.

Após o beneficiamento completo, triagem, britagem e classificação granulométrica obteve-se um material de composição cimentícia, apresentando um índice de degradação por compactação muito baixo, menor do que 0,8.

Após a estabilização granulométrica e análises de ISC e Proctor, as misturas obtidas apresentaram valores de ISC maiores que 100%, sendo o mínimo da norma competente para uso em bases, de 60%, e atingindo um valor de expansão igual a zero, sendo assim, apresentando excelente potencial para o uso em obras de pavimentação.

A avaliação realizada neste trabalho comprova que a prática de reciclagem e de reutilização dos resíduos gerados no setor da construção civil é uma excelente estratégia para diminuir os impactos ambientais, garantindo o uso racional de recursos naturais não renováveis, como a areia, muito aplicada à construção civil, e cujo método de extração, ainda agride muito o ambiente e deve ser incentivada e disseminada. Com a grande expansão do setor da construção civil e o consumo desenfreado dos recursos naturais gerado por tal desenvolvimento, um plano de gestão e reuso de tais resíduos torna-se extremamente necessário em um curto prazo.

## REFERÊNCIAS

ANGULO, S. C. – Variabilidade de agregados miúdos de resíduos de construção e demolição reciclados. Dissertação de Mestrado. São Paulo, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15.112 – Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Área de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15.113 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15.115– Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15.116 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.004 – Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

CABRAL, A. E. , MOREIRA, K. M. - Manual de Gestão de Resíduos Sólidos, Fortaleza, 2011.

CAMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – Composição da cadeia produtiva da construção civil. 2010.

CARNEIRO, A. P. – Uso do agregado reciclado em camadas de base e sub-base de pavimentos. Projeto Entulho Bom. Salvador, 2001.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – Resolução N°307 – Gestão dos Resíduos da Construção Civil. 2002.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO – DER-SP (ET-DE-P00/008 – Sub-base ou base de brita graduada), 2005.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO – DER-SP (ET-DE-P00/010 – Sub-base ou base de bica corrida), 2005.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO – DER-SP (ET-DE-P00/048 – Pavimento com peças pré-moldadas de concreto), 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER-ME (050-64 - Índice de suporte Califórnia de solos, Brasília.), 1964.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER-ME (083/98 – Agregados – Análise Granulométrica, Brasília.), 1998.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT 015/06 – ES (Drenagem – Drenos Subterrâneos - Especificação de serviço). 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT 141/10 – ES (Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço). 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT 020/06 – ES (Drenagem – Meios-fios e guias - Especificação de serviço). 2006.

FUNDAÇÃO PARA DESENVOLVIMENTO TECNICO E CIENTIFICO - Laudo de Análise para agregados reciclados destinado ao Grupo AB Areias, Pindamonhangaba, 2013.

JOHN, V.M. – Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção. Projeto Entulho Bom. Salvador, 2001.

JOHN, V.M – Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. Tese de Livre Docência. São Paulo, 2000.

LEITE, M.B – Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. Tese de Doutorado. Porto Alegre, 2001.

LEITE, M. B. – Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. Tese de Doutorado. Porto Alegre, 2001.

MOREIRA, L.H.H – Avaliação da influencia da origem e do tratamento dos agregados reciclados de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto estrutural. Dissertação de Mestrado. São Paulo, 2010.

PINTO, T. P. – Reaproveitamento de resíduos da construção. Projeto nº 98, 1987.

PINTO, T. P. – Entulho de construção: Problema urbano que pode gerar soluções. São Paulo, 1992.

PUCCI, R.B. – Logística de Resíduos da Construção Civil Atendendo À Resolução CONAMA 307. Tese de Mestrado. São Paulo, 2006.

SINDUSCON-MG – Gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil. Belo Horizonte, 2005.

ZORDAN, S. E. – A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto. Dissertação de Mestrado. Campinas, 1997.



## ANEXOS

ANEXO A – Curvas Granulométricas das amostras de RCDs, antes e após o processo de beneficiamento do Grupo AB Areias, analisadas pelo laboratório da Faculdade de Engenharia Civil, da UNESP, *campus* de Guaratinguetá, são apresentadas nas figuras 18 a 25.

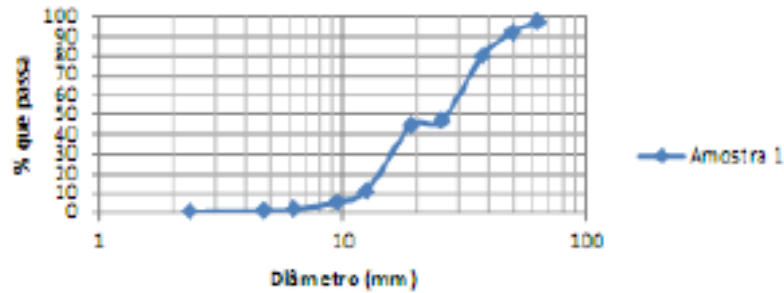


Figura 18. Curva Granulométrica Amostra 1.

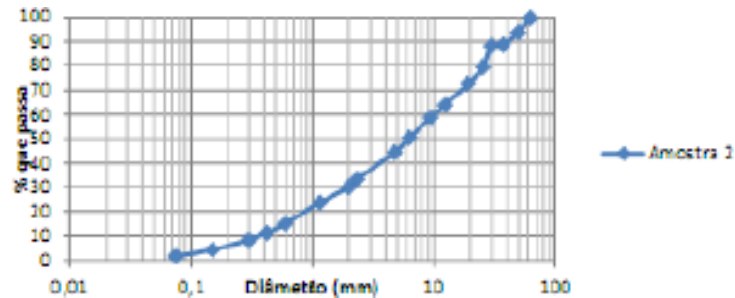


Figura 19. Curva Granulométrica Amostra 2.

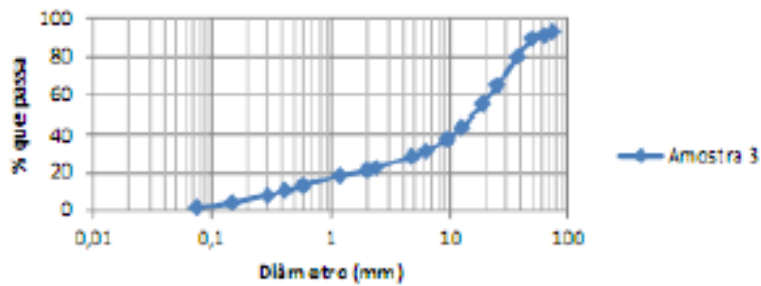


Figura 20. Curva Granulométrica Amostra 3

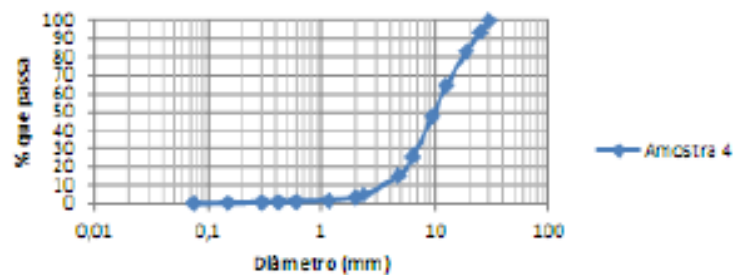


Figura 21. Curva Granulométrica Amostra 4.

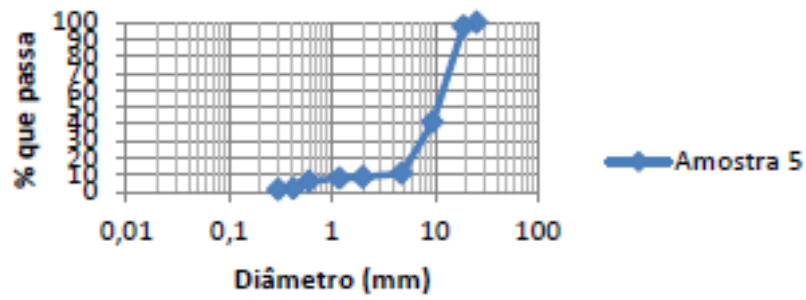


Figura 22. Curva Granulométrica Amostra 5.

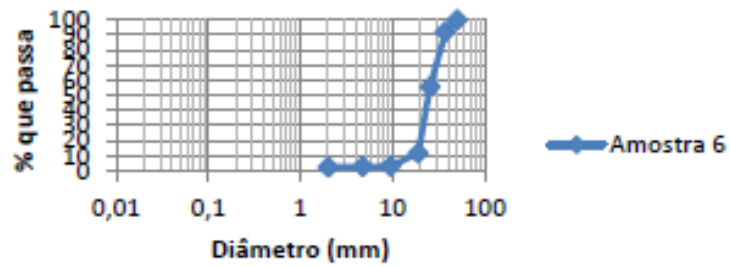


Figura 23. Curva Granulométrica Amostra 6.

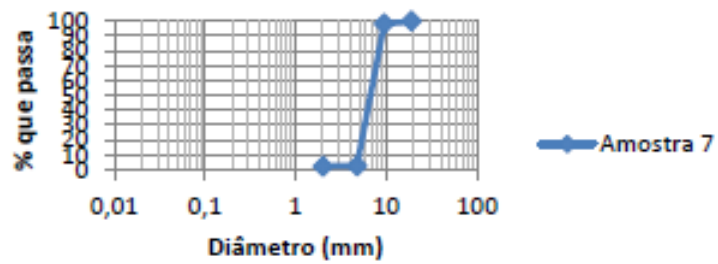


Figura 24. Curva Granulométrica Amostra 7.

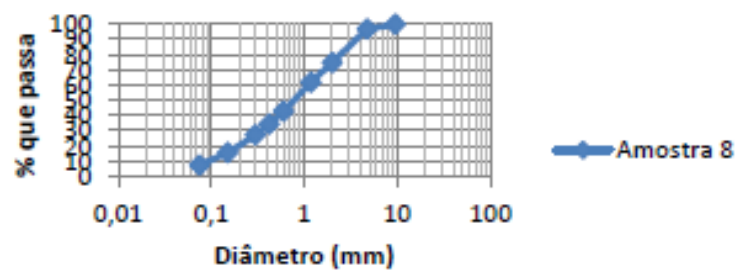


Figura 25. Curva Granulométrica Amostra 8.

**ANEXO B** – Os resultados dos Ensaio de Compactação Proctor e Índice de Suporte Califórnia (ISC) utilizados pelo Grupo AB Areias, realizados no laboratório da Faculdade de Engenharia Civil, da UNESP, campus de Guaratinguetá, são apresentados nos quadros 3 a 7.

Quadro 4 – Limites de ISC e Expansão (NBR 15.115/04).

<b>Tipo de Camada</b>	<b>ISC (%)</b>	<b>Expansão (%)</b>	<b>Energia de compactação</b>
Reforço do subleito	$\geq 12$	$\leq 1,0$	Normal
Sub-base	$\geq 20$	$\leq 1,0$	Intermediária
Base <sup>1</sup>	$\geq 60$	$\leq 0,5$	Intermediária ou modificada

<sup>1</sup> Permitido o uso como material de base somente para via de tráfego com  $N \leq 10^7$  repetições do eixo padrão de 8,2 tf (80 kN) no período de projeto.

Quadro 5 – Características granulométricas das amostras coletadas de RCD.

<b>Parâmetro</b>	<b>Amostra</b>							<b>NBR-15115/04</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	
d10 (mm)	12	0,37	0,4	4,5	4	18	4,5	
d60 (mm)	30	9,6	21	12	11	26	7	
Cu (d60/d10)	2,5	25,94	52,5	2,7	2,75	1,44	1,55	$\geq 10$
%p#40	0	11,34	10,6	1,1	2,02	0	0	$10 \leq a \leq 40$
%p#200	0	1,74	1,6	0,3	0	0	0	
Dimensão característica máxima dos grãos (mm)	63,5	63,5	80	30	25,4	50	19	63,5

Quadro 6 – Resultados obtidos para as Amostras sem beneficiamento.

<b>Amostra</b>	<b>Proctor Normal</b>		<b>Poctor Intermediário</b>		<b>Proctor Modificado</b>		<b>ISC (%)</b>	<b>ISC (%)</b>	<b>ISC (%)</b>	<b>Exp. (%)</b>	<b>Exp. (%)</b>	<b>Exp. (%)</b>
	$\rho_{d\text{máx}}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$W_{\text{ót}}$ (%)	$\rho_{d\text{máx}}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$W_{\text{ót}}$ (%)	$\rho_{d\text{máx}}$ (g/cm <sup>3</sup> )	$W_{\text{ót}}$ (%)	(PN)	(PI)	(PM)	(PN)	(PI)	(PM)
<b>1</b>	1,77	14	1,80	12	1,84	10	55	76	80	0	0	0
<b>2</b>	1,78	15	1,82	13	1,85	10	36	50	61	0	0	0
<b>3</b>	1,76	16	1,84	14	1,88	9	52	65	70	0	0	0
<b>4</b>	1,75	16	1,77	15	1,80	13	22	26	30	0	0	0

Quadro 7 – Resultados de degradação para Amostras sem beneficiamento.

<b>Amostra</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Id</b>	21,2	9,7	14,5	15,4

Quadro 8 – Resultados de Proctor e ISC para as misturas.

Amostra	Energia	Proctor		ISC	
		$\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	W <sub>ót</sub> (%)	CBR (%)	Exp (%)
Mistura 1	Intermediária	1,91	9,5	132,0	0,0
	Modificada	1,95	9,0	172,0	0,0
Mistura 2	Intermediária	1,87	11,0	110,0	0,0
	Modificada	1,90	9,5	121,0	0,0
Mistura 3	Intermediária	1,85	11,5	112,0	0,0
	Modificada	1,89	10,0	116,0	0,0