

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ALINE PAULA PITOL

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE BLOCOS DE CONCRETO PARA  
PAVIMENTAÇÃO COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E  
DEMOLIÇÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO  
2014

ALINE PAULA PITOL

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE BLOCOS DE CONCRETO PARA  
PAVIMENTAÇÃO COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E  
DEMOLIÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado na disciplina de TCC 2, do Curso Superior de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil – COECI – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Cristina Rodrigues Halmeman.

Co – Orientador: Fábio Rodrigo Kruger

CAMPO MOURÃO

2014



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Campo Mourão  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Departamento Acadêmico de Construção Civil



---

---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso Nº 34

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE BLODOS DE CONCRETO PARA  
PAVIMENTAÇÃO COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO**

por

**Aline Paula Pitol**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 10 horas e 30 minutos do dia 19 de fevereiro de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Fábio Rodrigo Kruger**

(UTFPR)

Co-orientador

**Prof. Me. Paula Cristina de Souza**

(UTFPR)

**Prof<sup>a</sup>. Esp. Sérgio Roberto O. Q. Braga**

(UTFPR)

**Prof. Dr<sup>a</sup>. Maria Cristina Rodrigues  
Halmeman**

(UTFPR)

**Orientador**

Responsável pelo TCC: **Prof. Msc. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

**Prof<sup>a</sup> Dr. Marcelo Guelbert**

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.*

*“Isso não é o fim; não é nem o começo do fim;  
Mas talvez seja o fim do começo”. Churchill*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e aos meus pais Paulo e Alice por toda força, apoio, paciência, educação e dedicação. Ao meu irmão muito obrigada, por como você mesmo diz, pela coexistência pacífica e pela companhia nesses 5 anos e pouco de labuta diária na nossa querida e amada engenharia.

Aos meus amigos, que como anjos me deram toda a ajuda necessária para não perder as forças nos maiores momentos de fraqueza. Obrigada também por todas as madrugadas estudando, cervejas, tereres, festas e risadas, sem vocês tudo seria extremamente mais difícil.

Às melhores companheiras que eu poderia ter encontrado na faculdade, Aline Leutner, Alessandra, Lívia, Viviane, Jaqueline, Bruna Lermen e Gabriela, meninas vocês são incríveis e me tornaram uma pessoa melhor!

Ao melhor amigo de todos, Gabé, sem você seria impossível! Mais que um amigo, um irmão! Não sei o que seria de mim sem ter você por perto, eu assumo! Além de todo o apoio de sempre, um agradecimento especial por todas as horas no sol, carregando coisas e me ajudando com o trabalho, sem você isto estaria realmente longe do fim.

A todos os colegas que de alguma forma ou outra se fizeram importante para a realização deste sonho chamado engenharia civil.

Aos amigos que se encontram fisicamente distantes, mas sempre se fizeram presentes.

À minha orientadora Professora Maria Cristina, por seus conhecimentos e instruções.

Ao meu co-orientador Fábio Rodrigo Kruger, por todas as orientações, ajuda e paciência. Seu auxílio foi determinante para a execução do trabalho.

Ao meu tutor, Professor Jorge Góes, por toda a paciência, conselhos, companheirismo e força.

Ao professor e arquiteto do campus Luiz Becher pelo auxílio para o funcionamento dos equipamentos necessários.

Ao amigo e colega de profissão, Maiko Cristian Sedoski, pelos materiais disponibilizados e por toda a força.

À unidade coletora de resíduos sólidos do município que forneceu o material para a realização do trabalho.

A todos os professores que colaboraram para minha formação.

E finalmente, a todas as pessoas que participaram desta etapa da minha vida. Levo todos no coração e o meu infinito muito obrigada!

## RESUMO

PITOL, A. P. (2013). Análise do comportamento de blocos de concreto para pavimentação com adição de resíduos de construção e demolição. Campo Mourão, 2013. 39p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Campo Mourão.

A construção civil é um setor que impacta, com relação ao descaso frente à exploração desenfreada de recursos e descarte dos mesmos. A utilização de resíduos de construção e demolição como agregados para a construção civil são uma alternativa para que se minimizem os impactos gerados pela mesma. Desse modo, o objetivo do trabalho é analisar a influência da substituição dos agregados naturais por agregados reciclados na resistência à compressão dos blocos de concreto para pavimentação. Os blocos de concreto para pavimentação foram fabricados no Laboratório de Ensaio Tecnológicos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Campo Mourão, na vibro-prensa VIBRAÇO disponível no mesmo. Foram produzidos blocos a partir do traço de 1:4, com as substituições de 10 e 15%, onde verificou-se que a resistência à compressão para a substituição de 10% diminuiu 12,8% e para a substituição de 15% decresceu 26,4%, o que resulta em uma diminuição de 12,6% a cada 5% de adição de resíduos de construção e demolição. Concluiu-se então, que a substituição de agregados naturais por agregados reciclados é uma alternativa possível, desde que sejam realizados outros testes e substituições superiores.

Palavra chave: Substituição de agregados. Resistência à compressão. Granulometria de agregados reciclados.

## ABSTRACT

PITOL, A. P. (2013). Analysis of the behavior of concrete block paving with addition of construction and demolition waste. Campo Mourão, 2013. 39p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Campo Mourão.

The civil construction is an impacting industry with respect to negligence against the unbridled exploitation of resources and dispose of them. The use of construction and demolition waste as aggregates for construction are an alternative for minimizing the impacts generated by the same. So, the objective of this study is to analyze the influence of the substitution of natural aggregates by recycled aggregates on the compressive strength of concrete block for paving. The concrete block paving were made at the Laboratory of Testing Technology, Federal University of Tecnology - Paraná campus Campo Mourao, in a vibro-press VIBRAÇO available on the same. Were produced blocks from the dash 1:4, with the substitution of 10 and 15% where it was found that the compressive strength for the substitution of 10% the resistance decreased 12,8%, to 15% substitution its decreased 26,4%, which results in a decrease of 12.6% for every 5% addition of waste from construction and demolition. This way, it's possible to conclude that the replacement of natural aggregates by recycled aggregates is a possible alternative if higher substitutions and other tests are performed.

Keywords: Substitution of aggregates. Compressive strength. Particle size of recycled aggregates.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Alguns modelos de pavers .....	16
Figura 2 – Quantidade de RCD's coletados nas regiões do Brasil (t/dia).....	21
Figura 3 – Amostra de RCD não beneficiado .....	23
Figura 4 – Peneiramento manual. ....	24
Figura 5 – Agregado Graúdo Reciclado .....	24
Figura 6 – Vibro-prensa VIBRAÇO.....	25
Figura 7 – Confeção dos blocos. ....	27
Figura 8 – Resistências Médias (MPa).....	30
Figura 9 – Concreto com a formação de bolas.....	31
Figura 10 – Rompimento dos blocos.....	32
Figura 11 – Blocos confeccionados.....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Traços e valores de resistência (Mpa).....	25
Tabela 2 – Proporções de Substituição e Relação a/c.....	26
Tabela 3 – Granulometria do Agregado Graúdo Reciclado.....	28
Tabela 4 – Granulometria do Agregado Miúdo Reciclado.....	28
Tabela 5 – Resistências Médias (Mpa) .....	30
Tabela 6 – Slump .....	31

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>3 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>13</b>
<b>4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>15</b>
4.1 BLOCOS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO .....	15
4.1.1 Definição e características .....	15
4.1.2 Modelo dos produtos .....	16
4.1.3 Processo de Produção .....	17
4.1.4 Peculiaridades do Pavimento Intertravado .....	18
4.2 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO .....	19
4.2.1 Definição .....	19
4.2.2 Classificação .....	20
4.2.3 Resíduos Sólidos no Brasil.....	21
4.2.4 Resíduos Sólidos no Paraná.....	22
<b>5 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>23</b>
5.1 DEFINIÇÃO DAS AMOSTRAS DE RCD'S.....	23
5.2 CONFECÇÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO .....	24
5.3 DEFINIÇÃO DO TRAÇO .....	25
5.4 CONFECÇÃO DOS BLOCOS.....	26
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>28</b>
<b>7 CONCLUSÕES</b> .....	<b>34</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>35</b>
<b>ANEXO A</b> .....	<b>38</b>
<b>ANEXO B</b> .....	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Até pouco tempo, o desenvolvimento em vários ramos da economia, baseava-se na extração descontrolada de recursos naturais que garantiam grandes riquezas com margens de lucros altíssimas aos exploradores. Porém, com o passar dos anos, a sociedade sentiu a necessidade de controle na exploração desses recursos, visando à preservação dos mesmos, exigindo a extração e manejo fundamentados na sustentabilidade.

Tomados pela atual preocupação com o meio ambiente e tendo em vista que a construção civil é um setor que impacta, com relação ao descaso frente à exploração desenfreada de recursos e descarte dos mesmos, passou-se a buscar alternativas sustentáveis para minimizar estes impactos.

O grande crescimento demográfico, percebido principalmente a partir do século XX, explica o *boom* da construção civil, porém, sabe-se que a explosão do sonho da casa própria reflete em um grande volume de Resíduos de Construção e Demolição. Podem ser chamados de RCD's, numa sucinta definição, quaisquer materiais oriundos de construções, reformas, reparos e demolições de edificações e estradas (AMADEI, 2011).

Como os resíduos da construção civil são geralmente depositados em locais impróprios, podem ocasionar obstruções na drenagem urbana, assoreamento de recursos hídricos, alteração de paisagens e comprometimento do tráfego de pessoas e veículos.

Para minimizar os efeitos da destinação inadequada dos RCD's, a reciclagem destes aparece como uma alternativa eficiente. Os RCD's reciclados já são comumente utilizados em alguns ramos da engenharia civil, como por exemplo, em bases para pavimentação e argamassas, porém a adição destes em blocos de concreto para pavimentação não é um campo muito explorado.

Os Pavers, como são chamados os blocos de concreto para pavimentação, têm adquirido um grande espaço no mercado, devido às suas grandes vantagens, entre elas, a facilidade de assentamento e praticidade de manutenção a qual proporciona 100% de reaproveitamento das peças. Desse modo, o objetivo do trabalho será analisar a influência da substituição dos agregados naturais por

agregados reciclados na resistência a compressão dos blocos de concreto para pavimentação.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a influência da substituição dos agregados naturais por agregados provenientes de resíduos de construção e demolição na resistência a compressão dos blocos de concreto para pavimentação.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir o tipo de resíduo que será adicionado nos blocos de concreto para pavimentação (grúdo e/ou miúdo);
- Caracterizar os resíduos quanto à granulometria;
- Definir a proporção de agregado reciclado que será adicionado aos blocos de concreto para pavimentação;
- Confeccionar blocos de concreto para pavimentação com e sem adição de agregado reciclado.

### 3 JUSTIFICATIVA

Sabe-se que atualmente a construção civil é considerada um dos maiores vilões quanto à utilização de recursos naturais, como água e minerais. A cadeia produtiva da construção civil consome entre 14 e 50% dos recursos naturais extraídos do planeta (BRASIL, 2005). Os agregados para construção civil são bens de baixo valor unitário, mas com os maiores volumes físicos de comercialização dentre todos os produtos da indústria mineral (BRASIL, 2009).

A geração de resíduos de construção e demolição (RCD's) ocasiona muita polêmica e preocupação quanto à sua forma de destino, pois geralmente são depositados em locais impróprios o que pode ocasionar degradação das áreas de manancial e áreas de proteção permanente; proliferação de agentes transmissores de doenças; assoreamento de rios e córregos; obstrução de sistemas de drenagem como galerias e sarjetas; ocupação de vias e logradouros públicos causando prejuízo à circulação de pedestres e veículos; e degradação da paisagem urbana. Portanto faz-se necessário promover alternativas de reutilização destes materiais.

O montante residual das atividades da construção civil, considerando que este mercado se encontra aquecido, somado à incorreta destinação, acarreta em impactos ambientais catastróficos, além de uma série de outros impactos, como visuais, sociais, econômicos (LEITE, 2001).

Os resíduos de construção causam impactos negativos nas cidades, e a prática de sua reciclagem avança rapidamente como uma das alternativas para lidar com os problemas que causam. Para que os resíduos de construção e demolição deixem de ser um problema e passem a ser uma solução, a reciclagem desses materiais constitui-se na técnica mais simples e rentável em termos econômicos e sociais (TROIAN, 2010).

O paver, por sua vez, é um material de fácil fabricação, manutenção e reconstrução que proporciona o reaproveitamento de 100% das peças, além de grande variedade de formas e cores disponíveis que proporcionam grandes possibilidades estéticas. Unindo-se estes fatores, tem-se a idéia central deste trabalho: blocos de concreto intertravados para pavimentação com adição de RCD's, o que significa adicionar materiais inutilizados em um novo material, minimizando desperdício durante a sua manutenção e vida útil, já que o paver pode ser removido

para realização da manutenção e recolocado logo após, o que minimiza o ciclo vicioso característico da construção civil.



## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 BLOCOS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO

#### 4.1.1 Definição e características

Os blocos de concreto para pavimentação são também denominados Pavers e segundo Fernandes (2008) são peças pré-moldadas de concreto utilizadas para a construção de pavimento ou calçamento, cuja camada superficial deve apresentar acabamento confortável para o trânsito de pessoas e sua estrutura deve suportar cargas de veículos leves ou pesados, conforme o caso.

A principal característica da pavimentação com blocos de concreto é o fato de os mesmos serem apenas assentados sobre uma camada de areia e devidamente confinados. Fernandes (2008) explica que “o conceito básico desse tipo de pavimentação é o intertravamento, ou seja, a transmissão de parte da carga de uma peça para a peça vizinha pelo atrito lateral entre elas”.

O pavimento é chamado intertravado por transmitir as cargas recebidas lateralmente de um bloco para o outro, aliviando os esforços individuais, transmitindo ao subleito e à sub-base e reduzindo assim as deformações do mesmo (NABESHIMA; ORSOLIN; SANTOS, 2011).

Outra característica importante é o pavimento ser considerado levemente permeável, pois há a possibilidade de a água penetrar para o solo por entre as juntas. Devido à sua coloração o paver proporciona menor absorção de calor, se comparado com o pavimento asfáltico, o que se traduz em maior conforto térmico superficial.

A grande diferença da pavimentação com pavers para a pavimentação asfáltica é que o uso desta técnica construtiva permite desmanche e reconstrução com reutilização de 100% das peças, além da facilidade de assentamento e a liberação para o tráfego rapidamente.

#### 4.1.2 Modelo dos produtos

Existem inúmeros modelos de pavers no mundo. Além das tradicionais peças utilizadas apenas como calçamento, existem os pisos ecológicos que possibilitam a utilização em consórcio com grama, e os pisos com finalidades específicas como os permeáveis, segregadores de tráfego, orientação para deficientes visuais, etc (FERNANDES, 2008).

Os nomes dos pavers variam muito de região para região, porém no Brasil os mais comuns são os modelos Prisma, 16 faces, Raquete, Ossinho, Paviesse, Estrela e Sextavado. Na Figura 1, a seguir, temos alguns destes modelos.



**Figura 1 – Alguns modelos de pavers**  
**Fonte: Fernandes (2008).**

A NBR 9781 separa os pavers em quatro (04) tipos de acordo com seus formatos e assentamento, são eles:

Tipo I – Peças de concreto com formato próximo ao retangular, com relação comprimento/largura igual a dois, que se arranjam entre si nos quatro lados e podem ser assentados em fileiras ou em espinha de peixe.

Tipo II – Peças de concreto com formato único, diferente do retangular e que só podem ser assentadas em fileiras.

Tipo III – Peças de concreto com formatos geométricos característicos, como trapézios, hexágonos, triédros etc., com pesos superior a 4 kg.

Tipo IV – Conjunto de peças de concreto de diferentes tamanhos, ou uma única peça com juntas falsas, que podem ser utilizadas com um ou mais padrões de assentamento (ABNT, 2013).

#### 4.1.3 Processo de Produção

O paver pode ser produzido de diversas maneiras. Segundo Fernandes (2008) são pelo menos três processos bem distintos:

- Processo Dormido: é o processo no qual o concreto permanece na fôrma de um dia para o outro e por isso o paver fica com um acabamento extremamente liso, sendo assim preferido para aplicações em áreas domésticas.

Neste processo observa-se um menor consumo de cimento em relação aos outros processos de fabricação. Os pontos fracos são a produtividade, que é muito pequena e a necessidade de uma base bem executada, pois como as peças são muito lisas o intertravamento fica prejudicado.

- Processo Virado ou Batido: requer um mínimo de investimento em equipamentos: uma betoneira para misturar o concreto, uma mesa vibratória para adensar e um jogo de 4 a 6 fôrmas metálicas ou de fibra (FERNANDES, 2008). O consumo de cimento nesse processo é menor que no processo prensado, o qual será explicado em seguida.

Este processo utiliza uma mistura tão ou mais seca do que a utilizada no processo de vibroprensagem e logo após a sua moldagem a mistura é desformada e depositada sobre uma superfície horizontal onde entra em processo de cura (ANTUNES et al., 2011).

Os pontos fracos deste processo são a produtividade e o acabamento prejudicado, pois os blocos são desenformados ainda no estado fresco.

Fernandes (2008) ressalta que:

(...) os pavers virados ou batidos são de excelente desempenho porque possuem grande quantidade de brita, fato que aumenta a resistência à tração da peça e também porque normalmente este método emprega o paver sextavado onde a maior área da peça permite menor concentração de carga no solo, diminuindo os efeitos de deformação do pavimento (FERNANDES, 2008, p. 15).

- Processo Prensado: é o processo que possibilita maior número de cores e formatos, pois tem um melhor desempenho estético devido ao maior investimento em equipamentos o que resulta numa maior produtividade.

Segundo Antunes et al. (2011) este é o processo mais utilizado atualmente, por permitir um ganho escalar significativo, a partir do emprego de vibroprensas que podem ser manuais, pneumáticas ou hidráulicas .

Segundo Fernandes (2008) este é o processo que requer maiores cuidados na produção, por utilizar agregados mais finos para permitir bom acabamento e concreto semi-seco. Se não forem tomadas as devidas precauções na produção pode ocorrer patologias, principalmente por absorção e desgaste por abrasão.

#### 4.1.4 Peculiaridades do Pavimento Intertravado

Algumas avaliações realizadas nas peças são feitas apenas pela sensibilidade do fabricante o que pode ocasionar grandes discussões quanto à padronização das mesmas. A seguir serão levantadas algumas considerações importantes.

##### 4.1.4.1 Acabamento das Peças

Sabe-se que não existe um método para definir a textura do paver sendo esta apenas avaliada pela aparência dos mesmos. Segundo a NBR 9781 (ABNT, 2013) as peças de concreto constituintes do lote devem ser inspecionadas visualmente, objetivando a identificação de peças com defeito.

As peças devem apresentar aspecto homogêneo, arestas vivas e homogeneidade de cor no lote, sendo que esta última característica deve atender um padrão devidamente acordado entre fornecedor e cliente (ABNT, 2013).

##### 4.1.4.2 Conforto Térmico

Em regiões de clima quente uma das principais vantagens do paver é o conforto térmico que ele provoca. Estudos realizados mostram que este tipo de pavimento pode apresentar até 20°C a menos que os pavimentos flexíveis devido à

sua cor clara que possibilita menor absorção de calor e maior reflexibilidade do mesmo, por possuir juntas que ajudam a dissipar para o solo o calor absorvido com maior facilidade. Outra grande diferença é que os blocos de concreto para pavimentação são pouco impermeáveis e isso permite uma maior absorção de umidade do solo e sereno liberando estes aos poucos para o ambiente (FERNANDES, 2008).

## 4.2 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

### 4.2.1 Definição

Para Angulo (2000) considera-se RCD todo e qualquer resíduo oriundo das atividades de construção, seja ele de novas construções, reformas, demolições, obras de arte, solos ou resíduos de vegetação provenientes de limpeza de terrenos.

Segundo Monteiro (2012) os resíduos de construção e demolição são designados pela sigla RCD, sendo definidos como material pouco poluente a perigoso, e com origem nas demolições de edifícios, na construção de estradas e na construção ou remodelação de edifícios, podendo também conter solo e terra do local de escavação e preparação da obra.

Para Degani (2003) são considerados resíduos de construção e de demolição o desperdício gerado durante a construção, a reforma e a demolição.

Os resíduos da construção civil têm sua origem nas próprias atividades empreendidas nos canteiros de obras, ou seja, escavações, construções, reformas e demolições. Cada uma dessas atividades, ao empregar procedimentos técnicos específicos, produz diferentes quantidades e tipos de RCD.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2002) define o Resíduo de Construção Civil como:

(...) proveniente 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

e fiação elétrica, comumente chamados de entulhos de obras, calça ou metralha (BRASIL, 2002).

#### 4.2.2 Classificação

Os resíduos sólidos, no Brasil, são classificados de acordo com a NBR 10004 (2004) e, segundo esta, os Resíduos de Construção e Demolição se enquadram como Resíduos da Classe II B – Inertes, pois possuem componentes minerais não poluentes e são considerados quimicamente inativos.

Além disso, os RCD's podem ser classificados em quatro (04) classes, segundo a Resolução nº 307/2002 do CONAMA, sendo elas:

I - Classe A: São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;

b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos, argamassa e concreto;

c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto produzidas nos canteiros de obras;

II - Classe B: são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

III - Classe C: são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

IV - Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros (BRASIL, 2002).

Foram realizadas algumas alterações na classificação dos RCD's nas resoluções nº 348/2004 e 431/2011 onde incluiu-se o amianto na classe de resíduos perigosos e se estabeleceu uma nova classificação para o gesso. Sendo o amianto na Classe D e o gesso classificado na Classe B.

A resolução salienta que os geradores de resíduos deverão ter como objetivo a não geração de resíduos e, caso isto continue ocorrendo, deve-se providenciar a redução, reutilização, reciclagem e destinação final (SANTOS et al, 2010).

Os resíduos deverão ser destinados das seguintes formas, ainda segundo a Resolução nº 307/2002:

I - Classe A: deverão ser utilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;

II - Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;

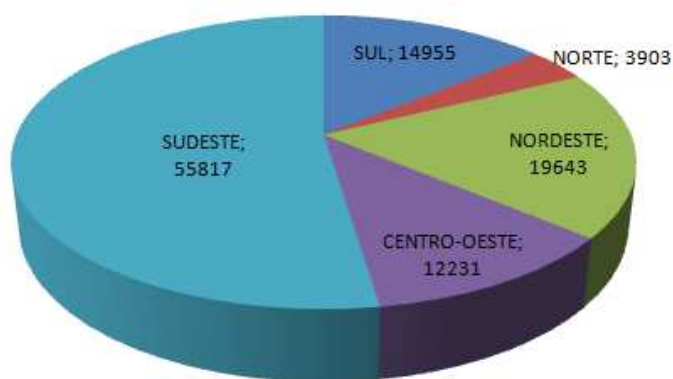
III - Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas;

IV - Classe D: deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas (BRASIL, 2002).

A composição dos RCD's depende da fonte que os originou, no exato momento em que foi coletado e o tipo de construção. Oliveira e Assis (1999 apud TROIAN, 2010, p.19) afirmam que o resíduo de concreto pode ser originado de diversas fontes, como os concretos que foram dosados, fabricados e aplicados com um controle tecnológico; e concretos produzidos sem este controle de qualidade.

#### 4.2.3 Resíduos Sólidos no Brasil

Um estudo da Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2011) apresenta a quantidade de RCD's coletados no ano do estudo, sendo estimada em 106.549 t/dia. Na Figura 2 são representados os valores coletados para as diferentes regiões do Brasil.



**Figura 2: Quantidade de RCD's coletados nas regiões do Brasil (t/dia).**

Fonte: Adaptado de ABRELPE (2011, p. 88 – 89).

Dos 5564 municípios que fazem parte do país 4031 possuem serviço de manejo dos resíduos de construção e demolição. A região Nordeste é a que possui o maior índice de manejo de RCD's ficando este em torno de 81,1% enquanto a região Sul apresenta apenas 53,79% (IBGE, 2010).

De acordo com o IBGE (2010) apenas 7,04% dos municípios brasileiros realizam alguma forma de processamento dos RCD's. Destes 124 adotam a triagem simples dos RCD's de classe A e B; 14 municípios realizam a triagem e trituração simples dos resíduos classe A; 20 realizam a triagem e trituração dos resíduos classe A com classificação granulométrica dos agregados reciclados; 79 fazem o reaproveitamento dos agregados produzidos na fabricação de componentes construtivos e 204 adotam outras formas, conforme Anexo A.

#### 4.2.4 Resíduos Sólidos no Paraná

Segundo IBGE (2010) existem apenas 8208 unidades prestadoras de serviços de manejo de resíduos sólidos. O Paraná apresenta 846 unidades coletoras, sendo que destas 03 possuem administração que provém da esfera estadual, 375 da esfera municipal, 467 da esfera privada e 01 de administração intermunicipal, conforme Anexo B.

O município de Campo Mourão – PR possui uma unidade coletora de resíduos sólidos onde é realizada a triagem e classificação dos materiais a serem reciclados e/ou reutilizados. Casarin, Halmeman e Souza (2009, p. 205) destacam que a unidade coletora recebe cerca de 80% de todo o resíduo gerado no município, sendo que estes são da classe A, B, C e D.



## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 DEFINIÇÃO DAS AMOSTRAS DE RCD'S

Inicialmente realizou-se a coleta dos RCD's utilizados para a produção dos blocos de concreto para pavimentação. Os mesmos foram adquiridos na única empresa licenciada no município de Campo Mourão – PR responsável pelo recebimento de RCD's.

A amostra selecionada continha apenas resíduos compostos unicamente por concreto. Eram elas placas removidas de calçadas ou pedaços de vigas/lajes (após a remoção das ferragens). Na Figura 3 observa-se a amostra dos RCD's não beneficiados.



**Figura 3 – Amostra de RCD não beneficiado.**

Após seleção da amostra de forma visual, realizada na empresa licenciada do município de Campo Mourão – PR, a mesma foi britada e em seguida o material foi peneirado, visto que depois de britado o material continha inúmeras granulometrias. Este foi separado nas granulometrias de pó de pedra/areia média, pedrisco/brita 0 e brita 1. Depois disto o material com granulometria de pó de pedra e brita 1 foram descartados, visto que apenas foi utilizado o pedrisco reciclado. Na Figura 4 observa-se o processo de peneiramento manual.



**Figura 4 – Peneiramento Manual.**

Para a confecção dos blocos intertravados de concreto com agregados reciclados, foi utilizado o material passante na malha #38 mm e retido na malha #4,8 mm. Na Figura 5 observa-se o agregado reciclado.



**Figura 5 – Agregado Graúdo Reciclado**

## 5.2 CONFECÇÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO

A fabricação dos blocos de concreto ocorreu no Laboratório de Ensaio Tecnológicos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Campo Mourão. O concreto, após confeccionado, foi moldado em uma vibro-prensa da marca VIBRAÇO (Figura 6), disponível na Universidade, com capacidade de produção de 04 blocos por ciclo, fazendo a desfôrma sobre chapas de madeira.



Figura 6 – Vibro-prensa VIBRAÇO.

Antes da confecção dos blocos com a substituição de agregado reciclado fez-se necessária a realização de alguns estudos referentes ao traço que seria utilizado.

Sendo assim foram estabelecidos alguns traços, a fim de encontrar o traço que proporcionava melhores resultados.

### 5.3 DEFINIÇÃO DO TRAÇO

O traço de referência foi escolhido conforme estudos realizados por Amadei (2011 p.111) que diz que este é da ordem de 1:4, com relação água/cimento de 0,32 e teor de umidade de 6,4%. Partindo-se disso foram estabelecidos novos traços e realizados testes com as proporções e resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Traços e valores de resistência (Mpa)

Traço				Resistências (Mpa)		
Cimento	Areia	Pedrisco	a/c	3 dias	7 dias	28 dias
1	2,65	1,35	0,32	12,8	14,5	15,8
1	2,3	1,2	0,32	10,49	13,93	15,9
1	1,95	1,05	0,32	11,57	14,64	16,03

## 5.4 CONFECÇÃO DOS BLOCOS

Os blocos com as substituições do agregado graúdo foram elaborados partindo-se do traço de referência selecionado.

Tendo o traço com 0%, procedeu-se com a confecção dos pavers com a substituição de agregados graúdos naturais por reciclados. Foram executados 2 (dois) traços com diferentes teores de substituição: 10% e 15%.

A confecção dos pavers teve início pelo traço referencial e ocorreu na ordem crescente de substituição. Na tabela 2 observam-se os respectivos traços e proporções de substituição além do teor de água necessário para que os blocos atinjam o ponto necessário de trabalhabilidade (ponto de pelota).

Tabela 2 - Proporções de Substituição e Relação a/c

%	Cimento	Areia	Pedrisco	RCD	a/c
0	1	2,3	1,2	0	0,32
10	1	2,3	1,08	0,12	0,34
15	1	2,3	1,02	0,18	0,35

As adições foram necessárias porque o agregado reciclado é mais poroso que o agregado natural, assim necessitando um maior volume de água de amassamento. Logo, quanto maior a quantidade de agregado reciclado, maior a adição de água. Porém esta quantidade de água continuava sendo baixa e o Slump apresentado pelo concreto era 0 (zero), o que o caracteriza como concreto seco.

Para início da produção, foram pesados separadamente todos os materiais secos, para em seguida serem colocados na betoneira. A ordem de colocação na betoneira foi: pedrisco, pedrisco reciclado, meia parte de água, areia, cimento e, por fim, o restante da água.

Foram feitos 12 blocos de cada traço, totalizando 36 blocos. Na Figura 7 pode-se observar a confecção dos blocos.



**Figura 7 – Confeção dos blocos.**

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente realizou-se o ensaio de granulometria conforme a NBR 7211 (2009) e os resultados obtidos para o agregado graúdo estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Granulometria do Agregado Graúdo Reciclado

<b>Peneira (mm)</b>	<b>Peso (gr)</b>	<b>% Retida</b>	<b>% Retida Acumulada</b>
76,00	0,00	0,00	0,00
38,00	0,24	0,02	0,02
25,00	0,57	0,06	0,08
19,00	6,93	0,69	0,77
12,50	14,53	1,45	2,23
9,50	27,35	2,73	4,96
5,60	678,25	67,82	72,78
4,80	218,43	21,84	94,63
Fundo	53,72	5,37	100,00
<b>Dimensão Máxima Característica</b>			9,5 mm

Verifica-se a Dimensão Máxima Característica (D.M.C.) igual a 9,5 mm o que caracteriza o material como Brita 0 ou pedrisco, enquadrando-se como agregado graúdo segundo a NBR 7211 (2009).

Os resultados obtidos para a granulometria do agregado miúdo estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Granulometria do Agregado Miúdo Reciclado

<b>Peneira (mm)</b>	<b>Peso (gr)</b>	<b>% Retida</b>	<b>% Retida Acumulada</b>
4,80	1,09	0,11	0,11
2,40	162,09	16,21	16,32
1,20	186,52	18,65	34,97
0,60	189,72	18,97	53,94
0,30	252,05	25,21	79,15
0,15	110,37	11,04	90,19
Fundo	98,16	9,82	100,00
<b>Dimensão Máxima Característica</b>			4,8 mm

Verifica-se a Dimensão Máxima Característica (D.M.C.) igual a 4,8 mm o que caracteriza o material como agregado miúdo segundo a NBR 7211 (2009). O módulo de finura apresentado é igual a 2,75, o que enquadra o material como médio. Visto

que a areia disponível para o estudo apresentava a granulometria de areia grossa decidiu-se por utilizar apenas o agregado graúdo, para que os resultados apresentassem o menor número de interferência possível.

Foram constatados problemas com a definição do traço a ser utilizado, pois por mais que o mesmo fosse muito rico a resistência apresentada pelos blocos não aumentava significativamente.

Foram realizados testes com a prensa disponível na Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Campo Mourão e constatou-se que a mesma proporcionava resultados muito baixos se comparados com os esperados, conforme observado na Tabela 1 apresentada anteriormente. Os blocos apresentavam baixa resistência e grande discrepância entre os resultados de acordo com a NBR 9781 (2013) os blocos com a função de tráfego de pedestres, devem apresentar resistência à compressão mínima de 35 MPa aos 28 dias. Segundo Fernandes (2008) esta diminuição ocorre devido ao fato da compactação ser realizada apenas por vibração e significa um aumento no consumo de cimento da ordem de 40% superior às prensas hidráulicas.

As prensas hidráulicas são equipadas com motores elétricos e proporcionam uma alta produtividade e acabamento nas peças, devido à força dos cilindros serem reguláveis. O consumo de energia é baixo se comparado aos outros modelos de prensas.

As prensas pneumáticas são compostas por motores elétricos trifásicos e compartimento para armazenamento de massa.

As prensas manuais normalmente são compostas por um motor elétrico trifásico responsável pela vibração da mesma. A produtividade e acabamento das peças são inferiores se comparados aos outros modelos de prensas.

Foram definidas as substituições de 10% e 15% uma vez que a resistência dos blocos para o referido traço já se encontrava muito baixa, se comparado com os valores estabelecidos pela NBR 9781 (2013). E, além disso, o problema do acúmulo de RCD's no município já seria parcialmente resolvido visto que o comércio deste tipo de material encontra-se aquecido na região e, devido a isso, o consumo de agregados reciclados seria considerável.

Na tabela 5 observa-se a média de resistências à compressão nas idades de 3, 7 e 28 dias para os traços estabelecidos.

Tabela 5 - Resistências Médias (Mpa)

Traço	%	3 dias	7 dias	28 dias
Traço 1	0	12,8	14,5	15,8
Traço 2	10	11,7	12,4	13,9
Traço 3	15	9,67	11,3	12,7

A redução é proporcional à adição, ou seja, quanto maior a adição menor a resistência à compressão, conforme ilustrado na Figura 8. Para os traços e proporções estudados pode-se perceber que as resistências reduzem pouco mais que a proporção de substituição. Para a substituição de 10% há uma queda de resistência à compressão média de 12,8%. Para a substituição de 15% a queda registrada foi de 25,4%. Para tanto um aumento de 5% na substituição de agregado natural por agregado reciclado resulta em uma diferença de 12,6% de resistência à compressão nos blocos de concreto para pavimentação.

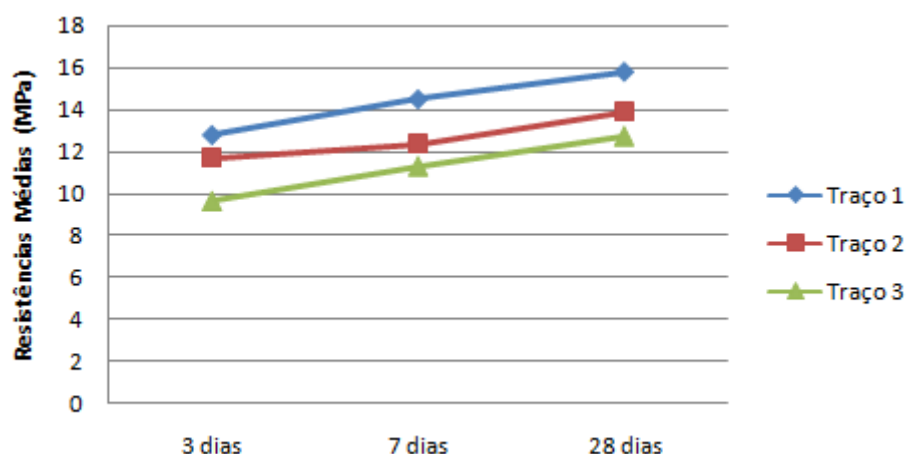


Figura 8: Resistências Médias (MPa)

Apesar dos blocos não possuírem a resistência à compressão esperada, percebeu-se que a adição de agregados reciclados reduz as resistências dos mesmos. Segundo a NBR 9781 (2013) os blocos com a função de tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha devem apresentar resistência à compressão mínima de 35 MPa aos 28 dias, porém segundo estudos realizados por Fioriti (2007) as solicitações de passeio público são inferiores a 15 MPa. As resistências à compressão obtidas nos traços realizados aproximam-se deste índice, porém distanciam-se radicalmente dos números solicitados pela norma.



Observou-se que para os blocos com as substituições fez-se necessário o acréscimo de água, pois o concreto ainda encontrava-se muito seco e não atingia o ponto de consistência seca, que ocorre quando uma quantia de concreto é colocada nas mãos secas e adquire consistência para se firmar sem deixar resíduos nas mesmas. Caso este se solte é necessário acrescentar água, corrigindo a relação a/c (AMADEI, 2011. p.107).

O concreto seco é caracterizado pela baixa relação entre a água e os materiais secos, slump zero e alta coesão. Na Tabela 6 observam-se os valores de slump obtidos para cada traço analisado.

Tabela 6 - Slump

<b>Traço</b>	<b>Slump (cm)</b>
Traço 1	0
Traço 2	0
Traço 3	0

Outra questão observada foi referente à formação de “bolas” no concreto conforme se observa na Figura 9, tal fato ocasionado pela utilização de betoneira basculante (ou de eixo inclinado) para a mistura da massa. Pelo concreto apresentar aspecto seco seria necessário a utilização de misturador planetário (ou de eixo vertical) que proporciona um resultado de mistura muito superior ao apresentado. Para minimizar a ocorrência de bolas optou-se por trabalhar com a betoneira com o eixo mais próximo aos 90°.



**Figura 9 – Concreto com a formação de bolas.**

Após a cura dos blocos, em câmara úmida disponível no Laboratório de Ensaio Tecnológicos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Campo Mourão, foi realizado o rompimento segundo a norma NBR 9781:2013, conforme Figura 10.



**Figura 10 – Rompimento dos blocos.**

Apesar da resistência à compressão ser de 13,9 MPa para 10% de substituição e 12,7 MPa para 15%, o que ilustra baixas resistências com relação à NBR 9781 (2013) que determina que os blocos devem apresentar resistência à compressão mínima de 35 MPa, os blocos apresentavam boa aparência e arestas vivas, o que representa que apesar da resistência não ter alcançado a faixa esperada os blocos obtinham quantidade de água necessária para compactação. Na Figura 11 pode-se visualizar os detalhes dos blocos.



**Figura 11 – Blocos confeccionados.**

Sugere-se que futuramente sejam realizados mais testes com a prensa para verificação do traço ideal para a mesma, além disso, torna-se interessante a elaboração de traços com uma maior substituição, visto que, para que uma linha de produtos passe a ser classificada como linha de produtos reciclados esta deve ter uma substituição mínima de 25%. Pode-se, também, realizar a substituição de agregados miúdos e analisar o seu comportamento.

Futuramente seria interessante a realização de ensaio de abrasão e envelhecimento dos blocos para que se possa comparar efetivamente com os blocos que já são comumente encontrados no mercado.

## 7 CONCLUSÕES

Do estudo desenvolvido neste trabalho sobre blocos de concreto para pavimentação, pode-se concluir que a substituição de agregados naturais por agregados reciclados é uma alternativa possível, desde que sejam realizados os devidos testes.

Para a realização do trabalho foi utilizado apenas o agregado graúdo reciclado, pois apenas este possuía as características semelhantes às do agregado natural disponível na Universidade.

O agregado graúdo reciclado possui granulometria de pedrisco / brita 0 e o agregado miúdo reciclado possui granulometria de areia média.

Os resíduos de construção e demolição proporcionam uma diminuição da resistência à compressão dos blocos da ordem de 12,6% a cada 5% de substituição de agregado graúdo natural por agregado graúdo reciclado.

As proporções utilizadas neste estudo são baixas (10 e 15%), portanto devem-se realizar estudos com maiores valores para que os mesmos sejam analisados. Tais proporções foram escolhidas visto que as resistências apresentadas pelos blocos se encontravam muito baixas.

Além disso, pode-se verificar a real diferença ocasionada pela variação de prensas utilizadas, o que pode influenciar nos valores de resistência à compressão, por isso ressalta-se que outros trabalhos deverão ser realizados com a alteração de proporções de substituição e de equipamentos, para que se analise a real influência das mesmas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADEI, Daysa Ione Braga. **Avaliação de blocos de concreto para pavimentação produzidos com resíduos de construção e demolição do município de Juranda/PR**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011. Disponível em: <<http://www.peu.uem.br>>. Acesso em: 25 fev . 2013.

ANGULO, Sérgio Cirelli. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/>>. Acesso em: 18 mar. 2013.

ANTUNES, Nicolae Henrique Vedovelli; RODRIGUES, Roque Rodrigo; FAGANELLO, Adriana M. P.; FILLA, Júlio César; BARDELLA, Paulo Sérgio. **Produção de blocos de concreto e pavers utilizando agregados reciclados**. 2011. Disponível em: < <http://www.unifil.br/portal/arquivos/publicacoes/paginas> >. Acesso em: 12 dez. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento portland**. 7.ed. São Paulo, 2002. p. 28. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br>>. Acesso em: 02 abr. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2011**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/downloads/Panorama2011.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR9781: Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<https://www.gedweb.com.br/utfpr/>>. Acesso em: 23 mar. 2013.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Economia Mineral do Brasil**. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=1461>>. Acesso em: 09 dez. 2013.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Panorama dos resíduos de construção e demolição (RCD) no Brasil**. Brasília, 2005. Disponível em: <[http://www.mp.go.gov.br/portalweb/hp/9/docs/rsudoutrina\\_24.pdf](http://www.mp.go.gov.br/portalweb/hp/9/docs/rsudoutrina_24.pdf)>. Acesso em: 25 mar. 2013.

BRASIL. **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DF, 17 jul. 2002. Seção 1 p. 95 – 96. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>>. Acesso em: 25 mar. 2013.

BRASIL. **Resolução nº 348, de 16 de agosto de 2004**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DF, 17 ago. 2004. Seção 1 p. 70. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>>. Acesso em: 25 mar. 2013.

BRASIL. **Resolução nº 431, de 24 de maio de 2011**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DF, 25 mai. 2011. p. 123. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>>. Acesso em: 25 mar. 2013.

CASARIN, André N.; HALMEMAN, Maria C. R.; SOUZA, Paula C. de S. Caracterização dos resíduos de construção e demolição na unidade de recebimento de resíduos sólidos no município de Campo Mourão –PR. **Revista Tecnológica**, Maringá, Edição Especial, out. 2009. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br>>. Acesso em: 01 mar. 2013

DEGANI, Clarisse Menezes. **Sistema de gestão ambiental em empresas construtoras de edifícios**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.gerenciamento.ufba.br/>>. Acesso em: 19 nov. 2013.

FIORITI, Cesar Fabiano. **Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneu como material alternativo**. 2007. 202 p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/>>. Acesso em: 18 mar. 2013.

HOOD, R. S. S. **Análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de construção e demolição como agregado miúdo reciclado na confecção de blocos de concreto para pavimentação**. 2006. 150 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br>>. Acesso em: 02 abr. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB\\_2008.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf)>. Acesso em: 23 mar. 2013.

LEITE, Mônica Batista. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. 2001. 290 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/>>. Acesso em: 18 mar. 2013.

MONTEIRO, Hugo Felipe Moreira da Silva. **Resíduos de construção e demolição – Estado da arte**. 2012. 130 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciência da Universidade de Porto, 2012. Disponível em: <<http://sigarra.up.pt/>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

NABESHIMA, Cinthia K. Y.; ORSOLIN, Kátia; SANTOS, Rafael K. X. dos. **Análise Comparativa Entre Sistemas de Pavimentação Urbana Baseados em Concreto Asfáltico e Blocos de Concreto Intertravados (Pavers)**. 2011. 122 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Engenharia de Produção Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/>>. Acesso em: 30 jun. 2013.

SANTOS, Helaine Naves dos; CÂNDIDA, Ana Cláudia; FERREIRA, Tânia Karla Silva. Ações referentes a gestão de resíduos da construção civil em Araguari – MG. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DOS GEÓGRAFOS, 2010, Porto Alegre. **Anais eletrônicos...** Porto Alegre: AGB, 2010. Disponível em: <<http://www.agb.org.br/evento/>>. Acesso em: 02 nov. 2013.

TROIAN, Aline. **Avaliação da durabilidade de concretos produzidos com agregado reciclado de concreto frente à penetração de íons cloreto**. 2010. 129 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2010. Disponível em: <<http://biblioteca.asav.org.br/>>. Acesso em: 09 dez. 2013.

## ANEXO A

**Tabela 99 - Municípios, total e com serviço de manejo de resíduos de construção e demolição, por existência e tipo de processamento dos resíduos, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação - 2008**

Grandes Regiões e Unidades da Federação	Municípios								
	Total	Com serviço de manejo dos resíduos de construção e demolição							
		Total	Existência e tipo de processamento dos resíduos						Outro
			Total	Triagem simples dos resíduos de construção e demolição reaproveitáveis (classes A e B)	Triagem e trituração simples dos resíduos classe A	Triagem e trituração dos resíduos classe A, com classificação granulométrica dos agregados reciclados	Reaproveitamento dos agregados produzidos na fabricação de componentes construtivos		
<b>Brasil</b>	<b>5 564</b>	<b>4 031</b>	<b>392</b>	<b>124</b>	<b>14</b>	<b>20</b>	<b>79</b>	<b>204</b>	
<b>Norte</b>	<b>449</b>	<b>293</b>	<b>29</b>	<b>5</b>	-	-	<b>6</b>	<b>18</b>	
Rondônia	52	28	9	-	-	-	3	6	
Acre	22	6	-	-	-	-	-	-	
Amazonas	62	39	6	3	-	-	2	1	
Roraima	15	1	1	-	-	-	1	-	
Pará	143	117	12	2	-	-	-	10	
Amapá	16	4	-	-	-	-	-	-	
Tocantins	139	98	1	-	-	-	-	1	
<b>Nordeste</b>	<b>1 793</b>	<b>1 454</b>	<b>178</b>	<b>38</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>32</b>	<b>118</b>	
Maranhão	217	139	6	3	2	1	-	3	
Piauí	223	121	1	-	-	-	-	1	
Ceará	184	167	31	2	-	1	2	28	
Rio Grande do Norte	167	141	42	4	-	-	3	38	
Paraíba	223	189	6	4	1	1	1	3	
Pernambuco	185	157	23	5	-	1	5	12	
Alagoas	102	87	22	9	1	2	10	6	
Sergipe	75	69	5	-	-	-	-	5	
Bahia	417	384	42	11	-	-	11	22	
<b>Sudeste</b>	<b>1 668</b>	<b>1 272</b>	<b>109</b>	<b>50</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>25</b>	<b>38</b>	
Minas Gerais	853	682	45	15	2	2	11	19	
Espírito Santo	78	60	3	2	-	-	-	1	
Rio de Janeiro	92	64	9	6	1	-	1	1	
São Paulo	645	466	52	27	4	10	13	17	
<b>Sul</b>	<b>1 188</b>	<b>639</b>	<b>54</b>	<b>24</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	
Paraná	399	272	22	10	-	1	6	6	
Santa Catarina	293	111	11	4	3	1	2	4	
Rio Grande do Sul	496	256	21	10	-	-	6	6	
<b>Centro-Oeste</b>	<b>466</b>	<b>373</b>	<b>22</b>	<b>7</b>	-	-	<b>2</b>	<b>14</b>	
Mato Grosso do Sul	78	60	10	1	-	-	-	10	
Mato Grosso	141	80	5	1	-	-	2	2	
Goiás	246	232	6	4	-	-	-	2	
Distrito Federal	1	1	1	1	-	-	-	-	

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008.

Nota: O município pode apresentar mais de um tipo de processamento dos resíduos de construção e demolição.



## ANEXO B

**Tabela 85 - Entidades prestadoras de serviços de manejo de resíduos sólidos,  
por esfera administrativa, segundo as Grandes Regiões e  
as Unidades da Federação - 2008**

Grandes Regiões e Unidades da Federação	Entidades prestadoras de serviços de manejo de resíduos sólidos						
	Total	Esfera administrativa					
		Federal	Estadual	Municipal	Privada	Interfederativa	Intermunicipal
<b>Brasil</b>	<b>8 208</b>	<b>3</b>	<b>34</b>	<b>5 135</b>	<b>2 989</b>	-	<b>47</b>
<b>Norte</b>	<b>481</b>	-	-	<b>430</b>	<b>51</b>	-	-
Rondônia	61	-	-	50	11	-	-
Acre	23	-	-	22	1	-	-
Amazonas	64	-	-	58	6	-	-
Roraima	16	-	-	14	2	-	-
Pará	157	-	-	137	20	-	-
Amapá	16	-	-	15	1	-	-
Tocantins	144	-	-	134	10	-	-
<b>Nordeste</b>	<b>2 114</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>1 593</b>	<b>503</b>	-	<b>1</b>
Maranhão	223	1	5	197	20	-	-
Piauí	241	-	2	208	31	-	-
Ceará	233	-	1	135	97	-	-
Rio Grande do Norte	210	1	1	135	73	-	-
Paraíba	254	-	3	214	37	-	-
Pernambuco	275	-	-	158	116	-	1
Alagoas	103	-	1	98	4	-	-
Sergipe	83	-	-	67	16	-	-
Bahia	492	-	2	381	109	-	-
<b>Sudeste</b>	<b>2 406</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>1 583</b>	<b>776</b>	-	<b>40</b>
Minas Gerais	1 191	-	3	840	309	-	39
Espírito Santo	100	-	1	73	25	-	1
Rio de Janeiro	110	-	-	78	32	-	-
São Paulo	1 005	1	2	592	410	-	-
<b>Sul</b>	<b>2 617</b>	-	<b>10</b>	<b>1 079</b>	<b>1 522</b>	-	<b>6</b>
Paraná	846	-	3	375	467	-	1
Santa Catarina	604	-	4	258	340	-	2
Rio Grande do Sul	1 167	-	3	446	715	-	3
<b>Centro-Oeste</b>	<b>590</b>	-	<b>3</b>	<b>450</b>	<b>137</b>	-	-
Mato Grosso do Sul	98	-	-	72	26	-	-
Mato Grosso	151	-	-	135	16	-	-
Goiás	339	-	1	243	95	-	-
Distrito Federal	2	-	2	-	-	-	-

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008.

