

EDMUNDO ABI-ACKEL

**Uso dos Resíduos da Construção Civil
para a Produção de Pavimento Intertravado
a Base de Concreto de Cimento Portland e Escória**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Construção Civil.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Maria Teresa Paulino Aguiar

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

Uso dos Resíduos da Construção Civil
para a Produção de Pavimento Intertravado
a Base de Concreto de Cimento Portland e Escória

Edmundo Abi-Ackel

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Construção Civil.

Comissão Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Maria Teresa Paulino Aguilár
DEMC/UFMG – (Orientadora)

Prof^o. Dr. Abdias Magalhães Gomes
DEMC/UFMG – (Co-Orientador)

Prof^o. Dr. Adriano de Paula e Silva
DEMC/UFMG

Prof^a. Dr^a Luciana Nunes de Magalhães
FEA-FUMEC

Belo Horizonte, 28 de março de 2009.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Santíssima Trindade pela graça da vida;

À UFMG, através de seus Professores, Técnicos e Auxiliares pelo apoio para a concretização deste projeto;

Ao Profº Abdias Magalhães Gomes por me “pescar” para o Mestrado;

À Profª Maria Teresa Paulino Aguilár por guiar-me no caminho da incerteza e que, por fim, tornou-se amiga;

A Patrícia Botelho pelo desprendimento na correção do texto;

Ao Adilson dos Santos Barbosa e João Luiz Parpaiola pelo auxílio na realização dos ensaios;

Ao Aldo Montresor pela amizade e abertura das portas da pesquisa em engenharia;

Ao Dalter Godinho pelo carinho no ensino da arte dos pavimentos;

Ao Opus Dei pelo ambiente de reflexão que me proporcionou para os estudos e a redação desta dissertação;

Ao Pai José e Mãe Maria pelo amor incondicional a este “filho pródigo”.

Non nobis, Dómine, non nobis.

Sed nómini tuo da glóriam.

RESUMO

A pavimentação é um dos pilares da infra-estrutura de um país. Dentre os diversos tipos de pavimentação destaca-se a intertravada, dado a sua versatilidade de uso nos mais diversos ambientes urbanos. Comumente os blocos de concreto para intertravados são fabricados com cimento e agregados. Com o crescimento das cidades a demanda por matéria prima para a construção civil, cujas jazidas de materiais ficam cada vez mais distantes dos centros consumidores, é cada vez mais expressiva. Alternativas tecnológicas tornam-se importantes para contribuir com a diminuição do consumo energético dos processos de produção e com uso racional dos recursos naturais. Construção e demolição são duas etapas do ciclo de vida das edificações em que a geração de resíduos é imperativa, dado aos processos que são comumente pouco industrializados. As escórias granuladas de alto-forno têm grande potencial de utilização. No Brasil, tem sido pouco aproveitadas, principalmente na região sudeste, dado ao modelo econômico. Visando contribuir para a produção de pisos intertravados, a presente dissertação discute a possibilidade do uso dessas escórias ativadas com hidróxido de sódio e de resíduos de construção e demolição como uma alternativa à redução do consumo de cimento Portland e agregados. As características dos concretos estudados são discutidas, tendo como ênfase a resistência a compressão, o módulo de elasticidade e a absorção.

Palavras-chave: resíduos de construção civil, blocos de concreto, pavimento intertravado, escória de alto-forno.

ABSTRACT

Construction and demolition are two steps where the generation of waste is imperative, given the low industrialized processes. Due to the growth of cities, the demand for raw materials is becoming more expressive and their deposits more distant from consumer centers. Consequently there is an increase in the generation of rubble and storage areas. The granulated slag of blast furnace in Brazil, mainly in the southeast, has had little exploitation, given the economic model, also requiring large storage yards. This dissertation discusses the possibility of these of granular slag from blast furnace activated with sodium hydroxide and construction and demolition wastes as an alternative to reduce consumption of Portland cement and aggregates to manufacture pre-fabricated pieces of concrete for interlocking paving. The use of concrete-based waste and slag is an alternative on paving, one of the pillars of the country's infrastructure. Alternative technologies become important to contribute to the reduction of energy consumption of production processes and reducing the costs of public urban streets. The characteristics of studied concretes are discussed, with emphasis on the absorption and the elasticity modulus.

Key-words: residues of the civil construction, concrete interlocking pavers, slag

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	18
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1 O CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND	19
3.1.1 Materiais Constituintes.....	19
3.1.2 Propriedades do Concreto.....	24
3.2 PAVIMENTO INTERTRAVADO DE CONCRETO	26
3.2.3 Concreto	29
3.2.5 Fabricação das peças de concreto para pavimento intertravado.....	32
3.3 Escória de Alto-Forno.....	34
3.4 Resíduos de Construção e Demolição.....	37
3.4.3 Beneficiamento do RCD	40
3.4.4 Características	43
3.4.5 Agregado de RCD.....	45
4. DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS E MÉTODOS PARA OS ENSAIOS.....	47
4.1 Materiais	47
4.2 Método de caracterização dos agregados e concretos.....	48
4.2.1 Ensaio granulométrico do agregado miúdo	49
4.2.2 Ensaio granulométrico do agregado graúdo	49
4.2.3 Massa específica agregado miúdo	50
4.2.4 Massa específica e do agregado graúdo	51
4.2.5 Teor de argila em torrões e materiais friáveis	51
4.2.6 Determinação do material passante na peneira # 200.....	52
4.2.7 Determinação de impurezas orgânicas.....	53
4.2.8 Abrasão “Los Angeles”	53
4.2.9 Classificação do resíduo sólido.....	54
4.2.10 Método de dosagem	55
4.2.11 Confeção dos Corpos-de-prova	56
4.2.12 Resistência a compressão.....	57
4.2.13 Resistência a abrasão	59

4.2.14 Absorção	60
4.2.15 Reatividade a derivado de petróleo	60
4.2.16 Módulo de elasticidade dinâmico	61
5.1 Caracterização dos Materiais.....	63
5.1.6 Classificação do resíduo sólido.....	68
5.1.7 Ativação da escória de alto forno	68
Observação:	68
5.2 caracterização dos corpos de prova de concreto.....	68
5.2.1 Resistência a compressão	69
5.2.2 Desgaste por Abrasão	70
5.2.3 Massa Específica	73
5.2.4 Absorção	74
5.2.5 Ataque por derivado de Petróleo.....	76
5.2.6 Módulo de Elasticidade Dinâmico	76
6. CONCLUSÃO	80
7. PROPOSTAS PARA A CONTINUIDADE DA PESQUISA	82
8. BIBLIOGRAFIA.....	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Rua XV de Novembro na cidade de Blumenau/SC, pavimentada com peças de concreto intertravadas. Pigmentos de cor preto e vermelho foram utilizados para diferenciar trechos previamente estabelecidos em projeto (fonte Associação Brasileira de Cimento Portland).....	27
Figura 3.2 - Estrutura típica de um pavimento com peças de concreto intertravado HALLACK (1998).....	28
Figura 3.3 – Formatos típicos das peças de concreto pré-fabricadas para pavimento intertravado , desenho - SHACKEL (1990).....	29
Figura 3.4 - Faixa granulométrica apresentada para a fabricação de peças de concreto para a pavimentação intertravada, conforme o fabricante de equipamentos COLUMBIA (1986).....	32
Figura 3.5 – Um modelo de vibro-prensa instalada, com os seus componentes para a fabricação de peças pré-fabricadas de concreto, foto FIORITI <i>et al</i> (2007).....	33
Figura 3.6 - Pilha de entulho de construção e demolição. Material <i>in natura</i> no pátio da Usina de Beneficiamento – 040 da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte.....	41
Figuras 3.7 a) e b) apresentam a pá-carregadeira posicionada após a distribuição do entulho de construção e demolição em uma “fina camada” para que sejam retirados manualmente os materiais indesejáveis e o resultado da cata manual, respectivamente. Pátio da Usina de Beneficiamento – 040 da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte.....	42
Figura 3.8 - Material classificado como Classe A, pronto para ser britado e peneirado no Pátio da Usina de Beneficiamento – 040 da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte.....	42

Figura 3.9 - Sistema beneficiamento do entulho de construção e demolição. Usina de Beneficiamento – 040 da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte.....	43
Figura 4.1 – Faixa onde se procura ajustar a curva granulométrica para a dosagem de concretos destinados a fabricação de peças pré-fabricadas para pavimento intertravado desenvolvido pela Columbia Machine, Inc, Estados Unidos.....	55
Figura 4.2 - Equipamento desenvolvido para simular a vibro-prensa.....	56
Figura 4.3 - Representação de uma peça de concreto de pavimento intertravado com as dimensões de 10 cm de largura, 20 cm de comprimento e 10 cm de espessura, tendo em suas superfícies superior e inferior os discos de aço, co diâmetro de 9 cm, posicionados para o ensaio de determinação da sua resistência a compressão.....	58
Figura 4.4 - Representa um cilindro concreto moldado para esta dissertação, com as dimensões de 10 cm de espessura e 10 cm de diâmetro, sendo posicionadas em suas faces paralelas, superior e inferior, os discos de aço, com diâmetro de 9 cm, posicionados para o ensaio de determinação da sua resistência a compressão.....	58
Figura 4.5 - Perspectiva de uma peça pré-fabricada de concreto, formato de polígono com 16 lados tendo a largura de 10 cm, comprimento 10 cm e altura 10 cm. Estão posicionadas nas faces superior e inferior os discos de aço, com diâmetro de 9 cm, para o ensaio de resistência a compressão. A referida peça, com idade aproximada de 10 anos, foi conseguida na Cidade de Brumadinho/MG, onde a Prefeitura promoveu a sua fabricação e assentamento.....	59
A Figura 4.6 - “Máquina Amsler” para determinação do desgaste por abrasão segundo a NBR 12042 – Materiais Inorgânicos - Determinação do Desgaste por Abrasão (fonte: Laboratório de Caracterização Tecnológica de Rochas Ornamentais do CPMTC).....	59
Figura 4.7 - Erudite MKII Resonancy Frequency Test System, da C.N.S. Electronics, para a avaliação da freqüência natural de vibração do compósito, o coeficiente de amortecimento.....	61

Figura 5.1 – Gráfico com os resultado do ensaio a compressão dos corpos-de-prova, moldados e das peças adquiridas no mercado e na Cidade de Brumadinho, conforme NBR 9780.....	70
Figura 5.2 – Gráfico Desgaste por abrasão dos corpos-de-prova moldados em laboratório e das peças pré-fabricadas de concreto para pavimento intertravado, referente a um percurso de 1000 m, conforme NBR 12042 – Materiais Inorgânicos – Determinação do Desgaste por Abrasão.....	72
Figura 5.3 Superfície após o ensaio de abrasão do corpo-de-prova moldado com agregados de resíduos de construção e demolição. Aglutinantes: 30 % de cimento Portland CP V ARI e 70 % de escória ativada com 6% de hidróxido de sódio. Observar a presença de cerâmica vermelha e calcários. A pequena presença de agregados graúdos possivelmente está mascarada pela grande quantidade de finos presentes no agregado miúdo, originado dos resíduos.....	72
Figura 5.4 Superfície da peça de concreto para pavimentação intertravada adquirida no mercado, após o ensaio de abrasão. Podem ser identificados os vários agregados graúdos de natureza calcária e os agregados miúdos de origem quartzoso.....	73
Figura 5.5–Peça vinda de Brumadinho/MG. Identificam-se os agregados graúdos de hematita, e hematitas alteradas expostos pelo ensaio de abrasão. Os agregados graúdos são aqueles que melhor contribuem para a resistência ao desgaste.....	74
Figura 5.6 – Gráfico dos resultados dos ensaios para a avaliação da massa específica das amostras. A peça vinda de Brumadinho apresenta massa específica 26,6 % superior a do mercado devido ao uso de agregados graúdos de hematita.....	74
Figura 5.7 – resultados do ensaio de Absorção. O corpo-de-prova com escória apresentou variação de 47 % comparado àquele com uso somente de CP V ARI.....	75
Figura 5.8 – Gráfico com os resultado do ensaio de compressão das amostras imersas em óleo diesel por 20 dias à temperatura ambiente.....	76

Figura 5.9 - Resultados do ensaio para a determinação do Módulo de Elasticidade Dinâmico segundo preconização da norma *Standard Test Method for Fundamental Transverse, Longitudinal, and Torsional Frequencies of Concrete Specimens* da *American Society For Testing And Materials* (ASTM-C215, 2002).....79

Figura 5.10 a) resíduo de concreto, b) resíduo de cerâmica vermelha e c) brita calcária - superfícies dos agregados onde pode-se observar de forma qualitativa a porosidade de cada espécie, sob lupa com aumento de 5 x.....79

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Principais componentes do cimento Portland, TAYLOR (1997).....	20
Tabela 3.2 - denominação dos cimentos produzidos no Brasil, METHA (2005).....	20
Tabela 3.3 - Características e tolerâncias recomendadas para os agregados graúdos na fabricação de peças pré-fabricadas de concreto para pavimentação intertravada, NBR 7211.....	30
Tabela 3.4 - Características e tolerâncias recomendadas para as areias na fabricação de peças pré-fabricadas de concreto para pavimentação intertravada segundo RODRIGUES (1984).....	31
Tabela 3.5 - Comparação dos teores, em porcentagem, das substâncias químicas de escória básica, escória ácida e cimento Portland, segundo BATTAGIN <i>et al</i> (1988), SOARES (1982) e TAYLOR (1992).....	34
Tabela 3.6 - Quantidade, em toneladas, de resíduos gerados em Belo Horizonte, período 2005 – 2007 Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte.....	43
Tabela 3.7 - Teor de água para areia natural, bloco cerâmico, tijolo e bloco de concreto, HAMASSAKI, <i>et al</i> , 1997.....	46
Tabela 4.1 - Limites de distribuição granulométrica do agregado miúdo, conforme NBR 7211. Universidade Federal da Bahia – Materiais de Construção – Caderno de Aulas Práticas.....	49
Tabela 4.2 - Limites de distribuição granulométrica do agregado graúdo, conforme NBR 7211. Peneira com abertura de malha (ABNT NBR ISSO 3310-1).Universidade Federal da Bahia – Materiais de Construção – Caderno de Aulas Práticas.....	50

Tabela 4.3 – Massa mínima para o ensaio, proporcional à dimensão máxima do agregado, para a determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis conforme NBR NM 53.....	52
Tabela 4.4 - Peneiras para a remoção dos resíduos, conforme NBR 7218 - determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis.....	52
Tabela 4.5 – Quadro final da determinação de materiais da planilha eletrônica desenvolvida através da experiência de diversos fabricantes de peças de concreto pré-fabricadas para pavimentação intertravada. Os materiais são quantificados em quilo. (fonte CIMENTA Engenharia).....	55
Tabela 5.1 - propriedades físicas/químicas do cimento CP V ARI (Holcim Brasil).....	64
Tabela 5.2 - propriedades físico-químicas e biológicas da água fornecida para Belo Horizonte conforme informações da COPASA, para o ano de 2007.....	64
Tabela 5.3 - Caracterização de quatro amostras de escórias moída, com a sua origem e composição (Fonte Central IBEC Ltda).....	65
Tabela 5.4 – Ficha técnica e propriedades físico-químicas do hidróxido de sódio (soda caustica), fornecidos pela indústria Cloro Mato Grosso.....	65
Tabela 5.5 - Ensaio de granulometria, segundo NBR 7211, do agregado miúdo – origem: resíduos de construção e demolição fornecidos pela Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte – Usina 040.....	66
Tabela 5.6 - Ensaio granulométrico, conforme NBR 7211, do agregado graúdo; resíduos de construção e demolição fornecidos pela Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte – Usina 040.....	67
Tabela 5.7 – Resultado do ensaio a compressão dos corpos-de-prova, moldados e das peças adquiridas no mercado e na Cidade de Brumadinho, conforme NBR 9780.....	70

Tabela 5.8 – Desgaste por abrasão dos corpos-de-prova moldados em laboratório e das peças pré-fabricadas de concreto para pavimento intertravado, referente a um percurso de 1000 m, conforme NBR 12042 – Materiais Inorgânicos – Determinação do Desgaste por Abrasão.....72

Tabela 5.9 – Resultado do ensaio para a determinação da massa específica das amostras. A variação é de 26,6 % quando comparada a peça de Brumadinho (com agregado de hematita e hematita alterada e a peça do mercado (com agregado calcário).....74

Tabela 5.10 – Resultado do ensaio de Absorção. O corpo-de-prova com escória apresentou variação de 47 % comparado àquele com uso somente de CP VARI.....76

Tabela 5.11 – Resultado do ensaio de resistência a compressão das amostras imersas em óleo diesel por 20 dias à temperatura ambiente.....77

Tabela 5.12 - Resultados do ensaio para a determinação do Módulo de Elasticidade Dinâmico segundo preconização da norma *Standard Test Method for Fundamental Transverse, Longitudinal, and Torsional Frequencies of Concrete Specimens da American Society For Testing And Materials (ASTM-C215, 2002)* e de Resistência a Compressão, conforme NBR 9780.....79

1. INTRODUÇÃO

No intuito de colaborar para o encontro de soluções quanto ao destino dos resíduos de construção e demolição gerados pelas cidades e também às escórias de alto-forno produzidas pela indústria siderúrgica este trabalho se propõe a iniciar estudos sobre o comportamento destes materiais para a função específica de matéria prima para peças pré-fabricadas de concreto a serem utilizadas para a pavimentação das vias de tráfego.

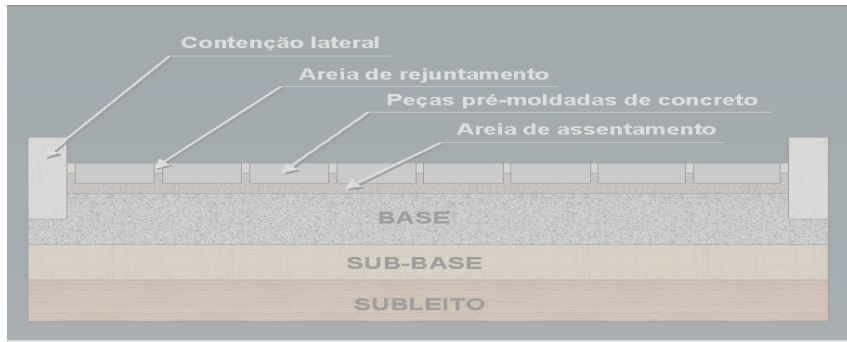
A verticalização das cidades impõe o contínuo processo de demolição de antigas edificações e a construção de novos imóveis segundo as técnicas disponíveis em cada época. Essas demolições geram grandes volumes de entulhos, que até poucos anos eram destinados aos chamados bota-foras, onde eram simplesmente lançados em um terreno qualquer, sem a mínima preocupação com a contaminação de cursos d'água ou reaproveitamento. Somam-se às demolições os entulhos oriundos de processos construtivos pouco eficientes; as reformas de imóveis que buscam a readequação de uso ou o seu melhoramento com vistas ao conforto.

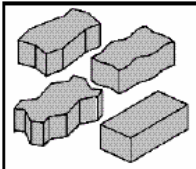
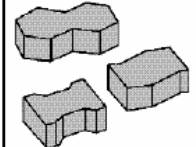
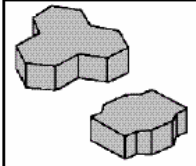
Frente ao crescente aumento populacional e conseqüente demanda de matéria prima para atender às necessidades das populações, a busca por novas jazidas de materiais é uma constante. Recentemente a consciência de que as fontes de recursos minerais são finitos, diversos setores da sociedade vêm discutindo formas de contornar a possível escassez das jazidas.

A percepção da finitude dos jazimentos trouxe à consciência a mudança do enfoque do então chamado lixo – agora resíduos passíveis de reaproveitamento, ou simplesmente recicláveis. Desta forma o que era então destinado aos lixões ou bota-foras agora passa por processos de classificação e beneficiamento. A construção civil, como grande geradora de resíduos chama a atenção para a ordem de um bilhão de toneladas / ano (BUTLLER, 2005), deveria reaproveitar os entulhos. A Comunidade Européia tem algo em torno de 28% de reaproveitamento do total de entulhos gerados (VASQUEZ, 2005).

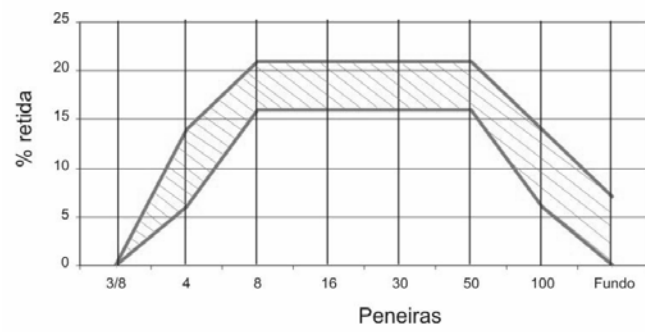
No Brasil a preocupação por reaproveitamento existe. Como exemplo, a Câmara da Indústria da Construção da Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais lançou em 2008 o “Guia de Sustentabilidade na Construção”. Em Belo Horizonte a Prefeitura Municipal, construiu uma moderna estação de recepção, separação e beneficiamento de entulhos ou os chamados resíduos de construção e demolição junto a BR 040. A maior parte destes resíduos, separados em faixas granulométricas é

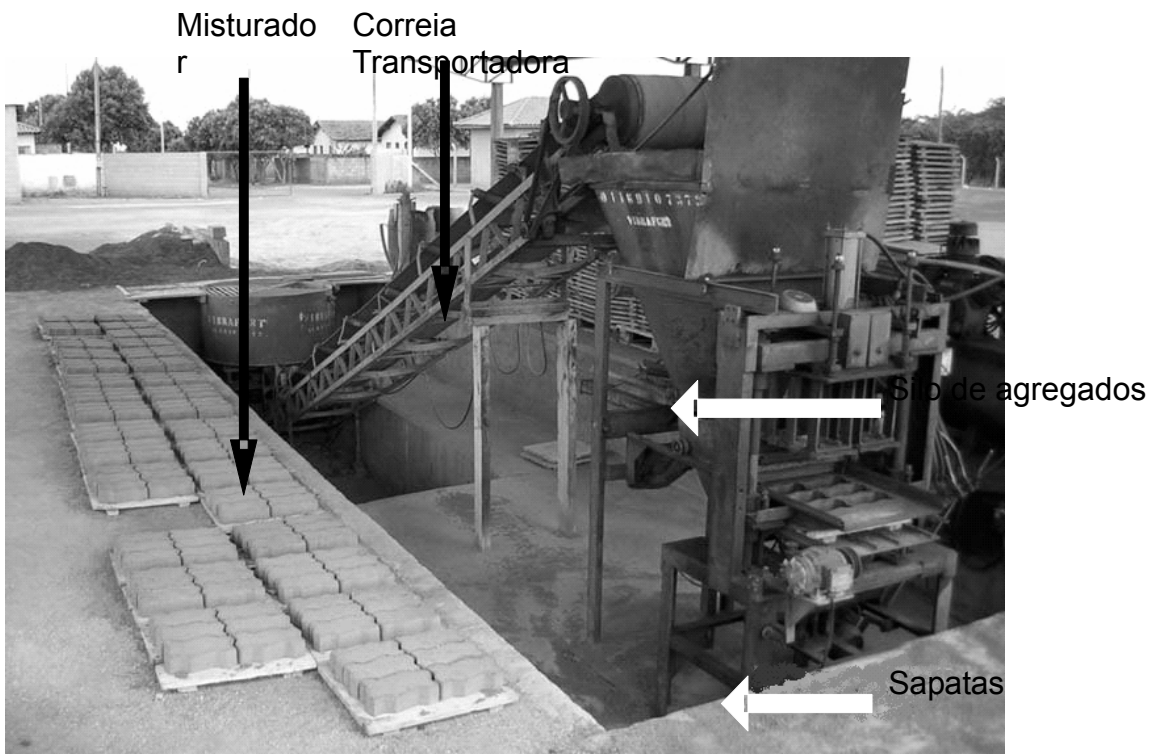




	<p>A. Peças de concreto segmentadas ou retangulares, com relação comprimento / largura igual a dois (usualmente 200 mm de comprimento por 100 mm de largura), que entrelaçam entre si nos quatro lados, capazes de serem assentadas em fileiras ou em “espinha-de-peixe” e podem ser carregados facilmente com apenas uma mão.</p>
	<p>B. Peças de concreto com tamanhos e proporções similares aos da categoria A, mas que entrelaçam entre si somente em dois lados, e que só podem ser assentadas em fileiras. Podem ser carregados com apenas uma mão e genericamente têm o formato em “I”.</p>
	<p>C. Peças de concreto com tamanhos maiores do que as anteriores, que pelo seu peso e tamanho não podem ser carregados com apenas uma mão, com formatos geométricos característicos (trapézios, hexágonos, triedros etc.), assentadas seguindo-se sempre um mesmo padrão, que nem sempre conforma fileiras facilmente identificáveis.</p>

Característica	Tolerância
Material Pulverulento	<3,0 %
Partículas Friáveis	< 1,5 %
Material Carbonoso	< 1,0 %
Impurezas Orgânicas	< 3,0 %





Misturador

Correia Transportadora

Silo de agregados

Sapatas

Gaveta

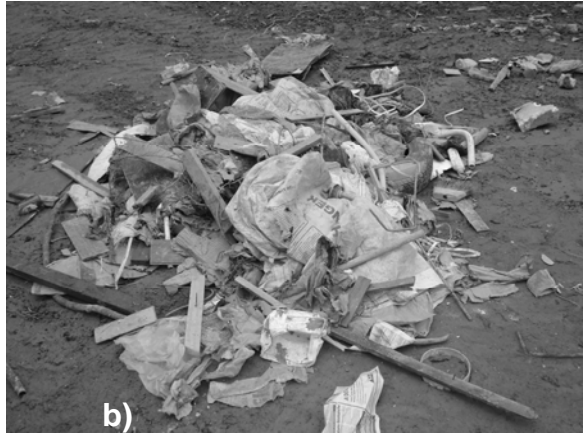
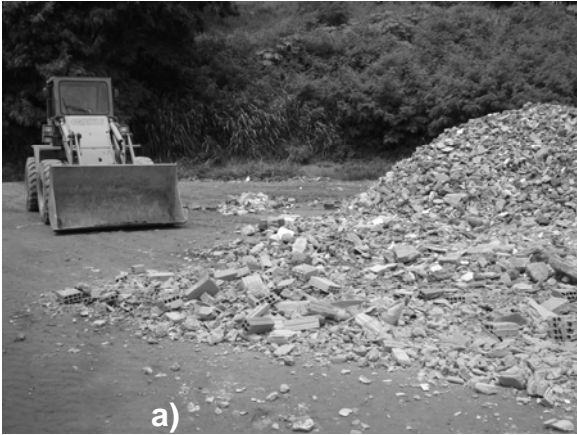
Forma

Sistema de Vibração

Peça é fabricada
Pronto

	Escória Básica BATTAGIN <i>et al</i> (1988)	Escória Ácida SOARES (1982)	Cimento Portland TAYLOR (1992)
CaO	40 - 45	24 - 39	66
SiO ₂	30 - 35	38 - 55	22
Al ₂ O ₃	11 - 18	8 - 19	5
MgO	2,5 - 9	1,5 - 9	
Fe ₂ O ₃	0 - 2	0,4 - 2,5	3
FeO	1 - 2	0,2 - 1,5	
S	0,5 - 1,5	0,03 - 0,2	
CaO/SiO ₂ média	1,31	0,68	3







μ				
μ				
μ				

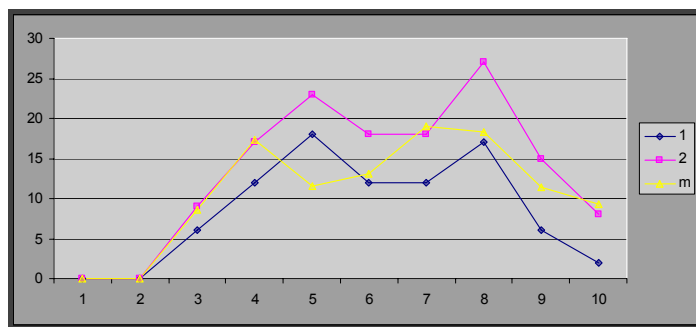
$$\gamma = \frac{500}{L - 200}$$

±

±

±

$$M_t = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100$$



Capacidade Betoneira 0,115 m ³							
Cimento	Areia	Areia fina	Pedrisco misto	Pedrisco	Água	Aditivo	Mescla
50	0	153	0	48	20	0,0	4,0
Total agregado massa			201				



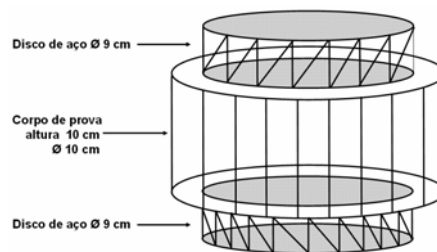
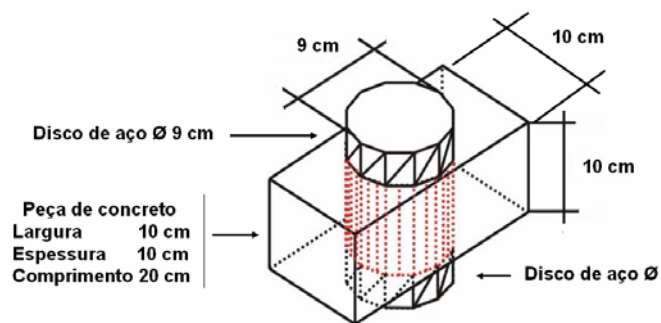
→ Prensa com parafuso

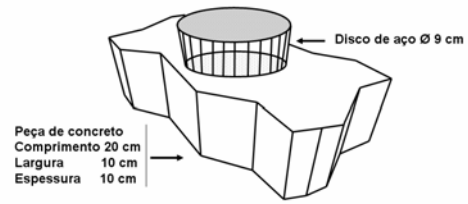
→ Massa de chumbo com 30 Kg

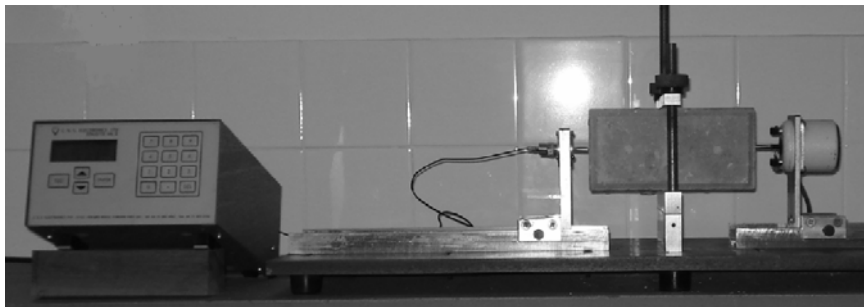
→ Forma para corpo-de-prova 10x20 cm

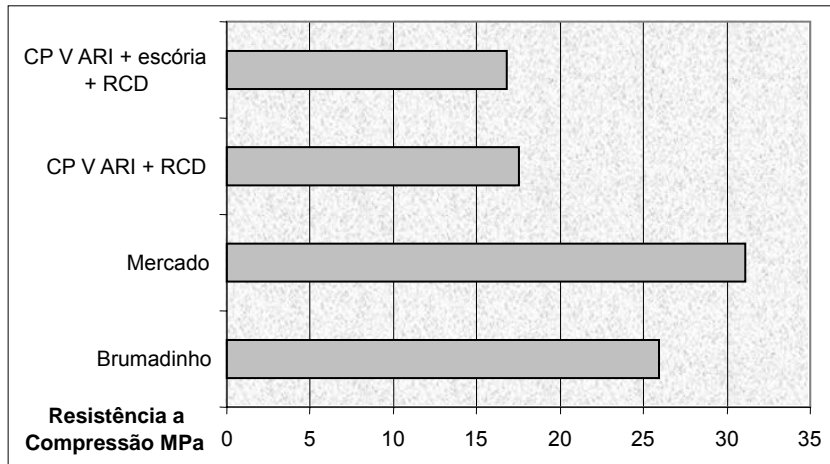
→ Grampos

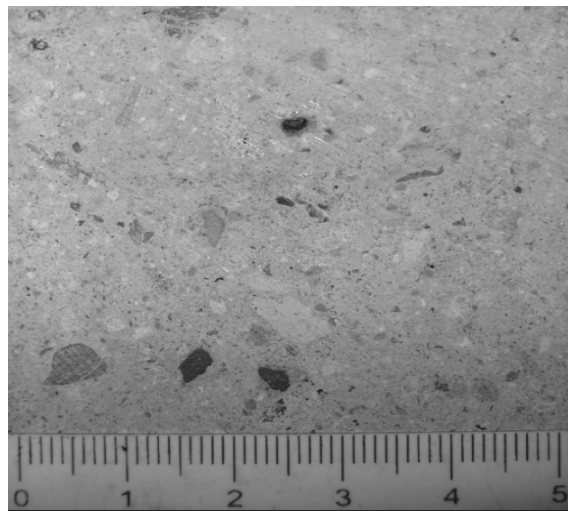
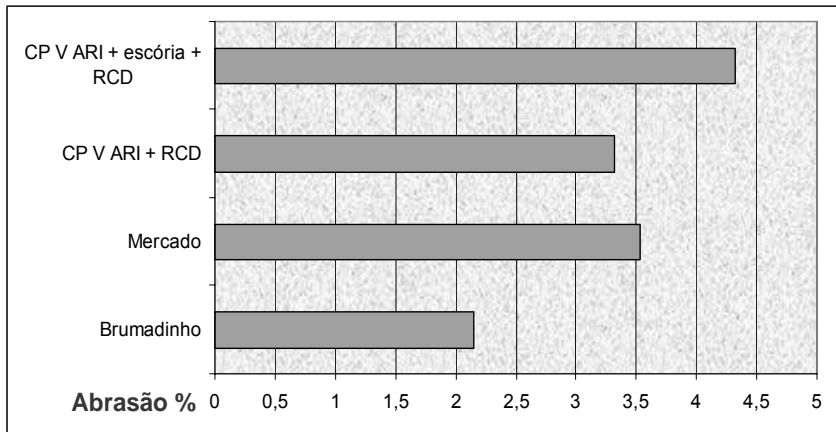
→ Mesa vibratória

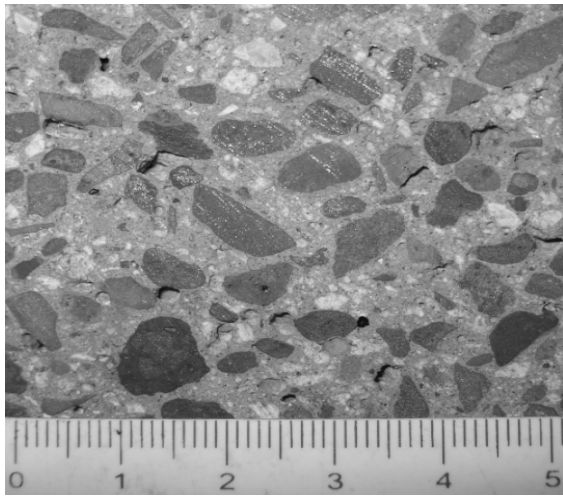
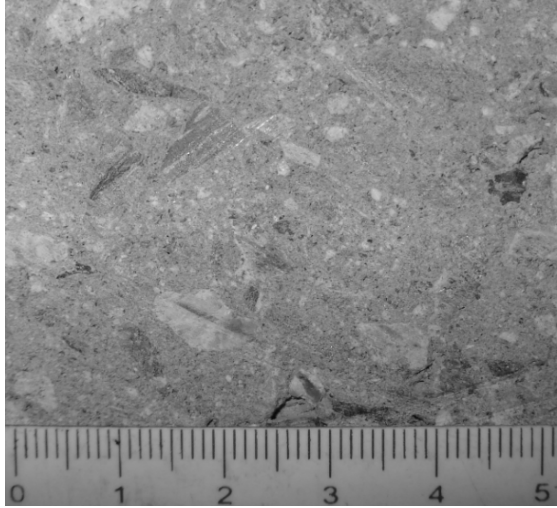


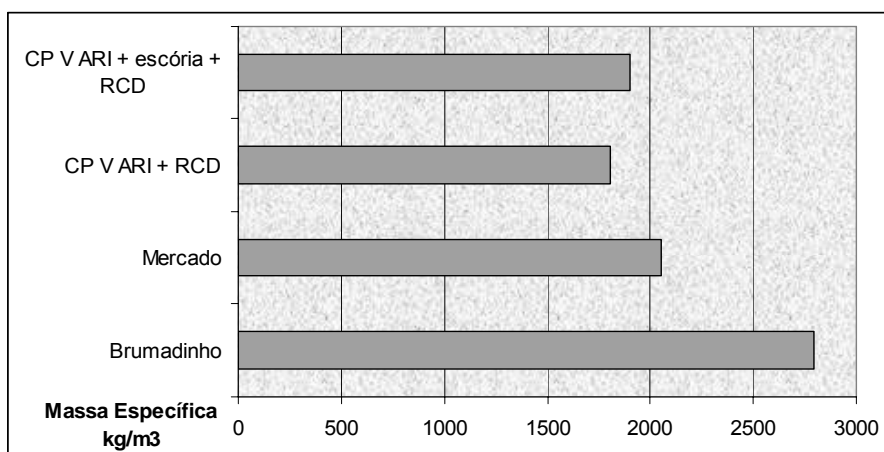


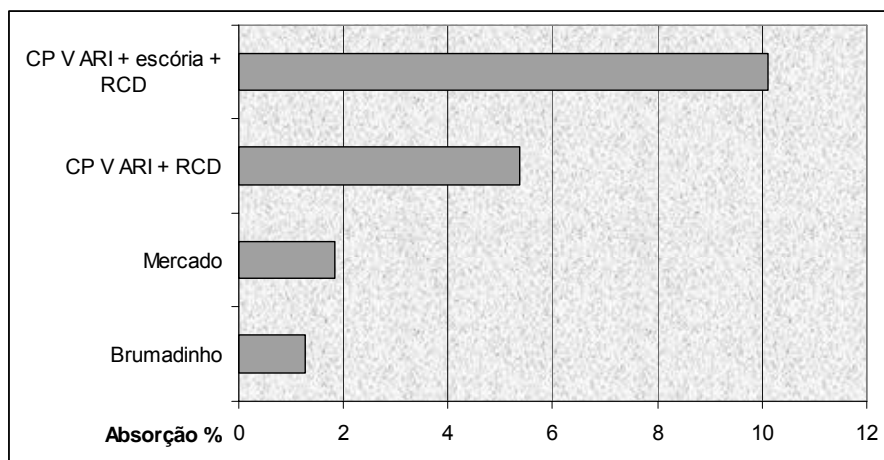


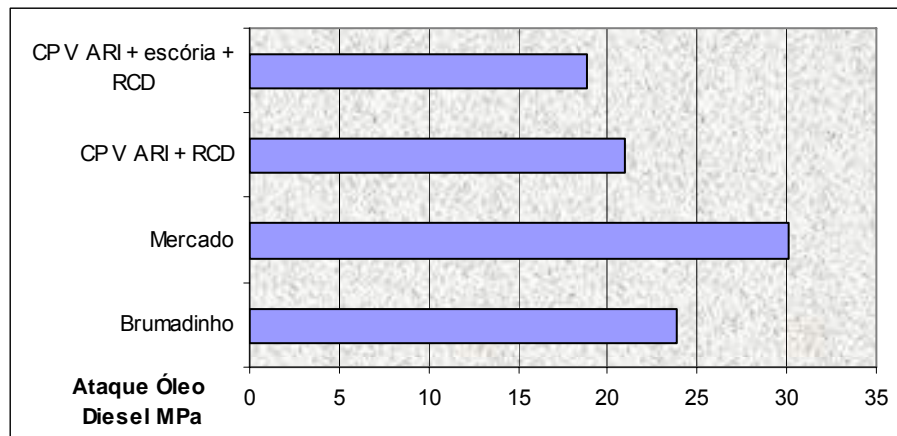


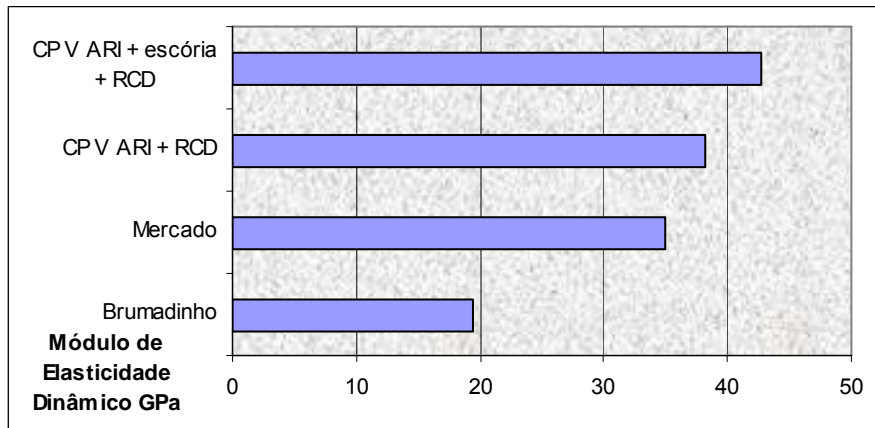












8. BIBLIOGRAFIA

Agenda 21 Global. In: Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano - Eco-92. Rio de Janeiro; 1992.

Agopoyan,V/John, M. Durability evaluation of vegetable fibre reinforced materials. Building Res. Innf. 1993

Altheman, D., Zordan, S. E. Avaliação da durabilidade de concretos confeccionados com entulho de construção civil (Relatório ao Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo). Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, 2002.

American Society for Testing and Materials (ASTM) C215 of 2002: Standard test method for fundamental transverse, longitudinal, and torsional frequencies of concrete specimens.

Associação Brasileira de Cimento Portland . ABCP – www.abcp.org.br , 2007

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 5732, 1982, “Cimento Portland Comum - Especificação”, Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 9781, 1987, “Peças de Concreto para Pavimentação: Especificação”, ABNT, Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 11578, 1992, “Cimento Portland Composto - Especificação ”, Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 5733, 1983, “Cimento Portland de Alta Resistência Inicial - Especificação ”, Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 5735, 1988, “Cimento Portland de Alto Forno - Especificação ”, Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 5737, 1992, “Cimento Portland Resistente à Sulfatos - Especificação”, Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 1006: Procedimentos para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR NM 248: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro 2001

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 1006: Solubilização de resíduos sólidos – procedimento

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 1007: Amostragem de resíduos – procedimento.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR - 7182 – Ensaio de Compactação.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 7211 de 2005: Agregados para concreto.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 6118 de 2004: Projeto de estrutura de concreto – procedimento.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 12042 – Materiais Inorgânicos - Determinação do Desgaste por Abrasão.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 15116 de 2004: Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil - Utilização Em Pavimentação e Preparo de Concreto Sem Função Estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro.

ASTM-C215,2002 Standard Test Method for Fundamental Transverse, Longitudinal, and Torsional Frequencies of Concrete Specimens da American Society For Testing And Materials

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 7219 de 1987: Determinação do Teor de Materiais Pulverulentos nos Agregados. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 7218 de 1987: Determinação do Teor de Argila e Materiais Friáveis. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 7810 de 1983: Agregado em estado compactado seco. Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 8953 – Concretos para fins estruturais – Classificação.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 9000 – Normas de Gestão da Qualidade e Garantia da Qualidade.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 9776 – Agregados – determinação da massa específica de agregados miúdos pelo frasco de Chapman.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 9780 – Peças de Concreto para Pavimentação – Determinação da Resistência a Compressão

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 9976 de 1987: Agregados – Determinação da Massa Específica de Agregados Miúdos Por Meio do Frasco de Chapman. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 12042 de 1992: Materiais Inorgânicos - Determinação do Desgaste por Abrasão. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 10004 – Resíduos Sólidos – Classificação

Battagin, A.F. Esper, M.W. Contribuição ao Conhecimento das propriedades do Cimento Portland de Alto-Forno. São Paulo, ABCP, 1988.

Bauer, F. Materiais de Construção. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro. 1982

Beaty,S.“Laying Coure Materials: Specification and Performance”, Fifth International Concrete Block Paving Conference, 1996.

Beaty, Anthony N. S., 1992, “Predicting the Performance of Bedding Sands”, Fourth International Concrete Block Paving Conference, Vol. 2, pp. 273-284, Auckland, New Zealand, February 1992.

Beaty, Anthony N. S., 1996, “Laying Coure Materials: Specification and Performance”, Fifth International Concrete Block Paving Conference, pp. 129-139, Tel-Aviv, Israel, June, 1996.

Bergerhof,W. Interlocking Paving Blocks – market potential and economic production. Precast concret. London, Oct.1981.

Bresson, J. Brusin, M. Etud de l'influence des parametres de la vibration sur le comportement des beton. CERIB. Mar. 1977.

Bresson.J. La Vibration dans les machines a blocs. CERIB. Mar. 1981.

Bresson,L. La vibracion des betóns. CERIB – Publication tecnica. Fev. 2001

Burak, R. “Bedding Sand for Segmental Concrete Pavements”, Interlocking Concrete Pavement Magazine, 2002.

Buck, A D. Recycled Concrete as a source of aggregate. American Concrete Institute Journal. May 1977; 212-219.

Buttler, A. M. Agregados reciclados na produção de artefatos de concreto. Revista do Concreto - IBRACON. Fevereiro de 2005: 26 - 29.

Câmara da Indústria da Construção da Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais “Guia de Sustentabilidade na Construção. Belo Horizonte, 2008.

Carter, S. Colour Vision. Concrete, jan.fev, 1996

Columbia Equipaments – Making quality pavers. USA, 1986.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) Resolução 307 de 5 de julho de 2002.

Corini,F. Scienza e Tecnica delle Construzioni Stradali e Ferroviarie. Milano. Editore Ulrico Hoepli,1947.

Cruz, L. Tese Pavimento Intertravado de Concreto : Estudo dos Elementos e Método de Dimensionamento. UFRJ, 2003.

DNER-ME 035/98 Agregados – determinação da abrasão “Los Angeles”

Dowson, J. Mix design for concrete block paving. *Precast Concrete*, London. Feb. 1981.

Dron, R. Facteurs chimiques et structuraux de la réactivité des laitiers. *Silicates Industriels*. 1982

Dron, R. Structure et réactivité des laitiers vitreux. Paris, 1984.

Elis, J. Warren, R. Dryhurst, D. Bringing colour to concrete. *Concrete*, Jan.fev.1996.

Ferreira, J.S. Peças de concreto para pavimentação. 25 Reuniao Anual de Pavimentação, São Paulo, 1991.

Fioriti, C.F. Avaliação de blocos de concreto para pavimentação intertravada com adição de resíduos de borracha provenientes de recauchutagem de pneus. *Ambiente Construído*. Porto Alegre, 2007.

Glukhovky, Vd.; Rostovkaja, Gs.; Rumyna, G.V. High strength slag-alkaline cement. *In International Congress on the Chemistry of Cement*. Paris, 1980.

Günther, W.M.R. Minimização de resíduos e educação ambiental. Seminário de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública. Curitiba 2000.

Hamassaki, L. T.; Sbrighi Neto, C.; Florindo, M. C. Uso de Entulho como Agregado para Argamassas de Alvenaria. In: *Workshop Sobre Reciclagem e Reutilização de Resíduos como Materiais de Construção*, 1996, São Paulo. Anais... São Paulo: Epusp/Antac, 1997. 170 P. P.107–115.

Hallack, Abdo, 1998, “Dimensionamento de Pavimentos com Revestimento de Peças Pré-Moldadas de Concreto para Áreas Portuárias e Industriais”, Tese de Mestrado, Universidade de São Paulo – Escola Politécnica, São Paulo, Brasil, 116 pp.

Hallack, Abdo, 2000, “Pavimento Intertravado: uma solução universal”, *Revista Prisma*, Dezembro 2001, pp 25-27;

Hansen, T. C., Hedegard, S.E. Properties of recycled aggregate concretes as affected by admixtures in original concretes. *American Concrete Institute Journal*. January-February 1984; 81(3): 21-26.

Hansen, T.C. Reprt 6 Recycling of Demolished Concrete and Masonry, London, E&FN SPON an imprint of Chapman & Hall, 1992.

Hakkinen, T. The microstructure of high strength blast furnace slag concrete. *Nordic Concrete Research*, 1992.

Houaiss. Dicionário Eletrônico da Língua Portuguesa. Objetiva. São Paulo. 2000

ICPI - Interlocking Concrete Pavement Institute, Tech Spec. N° 1, 2002, “Glossary of terms Used in the Production, Design, Construction and Testing of Interlocking

Concrete Pavement”, Washington, USA.

John,V.M. Cimento de Escória Ativada com Silicato de Sódio. Tese USP São Paulo. 1995

Kaefer, F.L. A Evolução do Concreto Armado. PEF 5707, São Paulo. 1998.

Kando, R Studies on a method to determine the amount of granulated blast furnace slag and the rate of hydration of slag in cements. International Symposium on the Chemistry of Cement. Tokyo. 1986.

Klatt,H. New technology for building materials to satisfy low-cost housing purposes. World Cement. 1987.

Knapton, J., 1996 “Romans and their Roads – The Original Small Element Pavement Technologists”, Fifth International Concrete Block Paving Conference, Israel, June, 1996.

Knapton, J., 1996 “The Civil Aviation Authority Recommendations for the use of pavers on Aircraft Pavements”, Fifth International Concrete Block Paving Conference, pp. 493-499, Tel-Aviv, Israel, June, 1996.

Kutti, T. Hydration products of alkalis activated slag. In: International Congress on the Chemistry of Cement.. New Delhi, 1992.

Leite, M. B. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição (Tese de Doutorado). Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

Levitt,M. Precast concrete. Properties and usage. Applied Science, 1992.

Marchand,J. Boisvert,L.Trembley,S.Maltais,J.Pigeon,M. Air Entrainment in no-Slump Mixes. Concrete International. Apr, 1998.

Mather, B. Laboratory test of portland blast-furnace slag cement. American Concrete Institute. 1957.

Medeiros, T. Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos de Construção e Demolição. In Seminário de Resíduos Sólidos. Goiânia. 2006

Medina, J. “Mecânica dos Pavimentos” Ed. UFRJ, Rio de Janeiro. 1997.

Metha,P.K. Monteiro,P.J.M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. Pini, São Paulo, 1994

Mehta, P. K.; Monteiro, P. J. M. Concrete – Microstructure and Properties 3^a ed. Usa: Mcgraw-Hill, 2005.

Ministério da Fazenda, Secretaria de Acompanhamento Econômico, Parecer nº 06246/207/RJ.

Neville, A. M. Propriedades do Concreto. Tradução Salvador Giamusso. São Paulo:Pini, 1982

Neville, A. M. Propriedades do Concreto. Tradução Salvador Giamusso. 2 ed. São Paulo:Pini, 1997.

Oliveira,M.J. Associação Brasileira dos Fabricantes de Concreto para Alvenaria e Pavimentação

Oliveira,A.L. Contribuição para a Dosagem de Peças de Concreto para Pavimentação – Tese. UFSC. Florianópolis, 2004.

Para a Construção Sustentável da Agenda 21. In: Tradução do Relatório CIB - Publicação 237. Novembro, 2000. p. 17.

Petruco, A.F. Resíduos Sólidos: Gestão, Valorização, Aspéctos Técnicos Legais. Pós Graduação Executiva emMeio Ambiente. UFRJ.Rio de Janeiro. 2002

Pinto, T.P. Utilização de resíduos de construção - estudo do uso em argamassas (Dissertação de Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 1986.

Purdon, A.O. The actions of alkalis on blast-furnace slag. *J.Soc. ChemmicalIndistry*, vol 59, 1940.

Regurd, M. Caracteristiques et activation des produits d'addiction. *In Congresso Internacional do cimento*, Rio de Janeiro, 1986.

Regourd. M. Struture and behavior of slag portland cement hydrates. In: *International Congress on the Chemistry of Cement*, 7. Paris, 1980.

Rodrigues, Públío Penna Firme. Recomendações para a Fabricação de Peças Pré-Moldadas de Concreto para Pavimentação. In.Reunião Anal, São Paulo. IBRACON, 1984.

Rodrigues, Públío Penna Firme. Parâmetros para a Dosagem do Concreto. São Paulo. ABCP, 1995.

Roy,D.M.; Jiang,W.; Silbee,M.R. Choride diffusion in ordinary, blended, and alkali-activated cement paste and its relation to other properties. *Cement and Concrete Research*. 2000.

Roy, D.M. Alkali-activated cements: Opportunities and challenges. *Cement and Concrete Research*. 1999.

Scanduzzi, L., Andriolo, F.R. Concreto e seus Materiais: propriedades e ensaio.São Paulo: Pini, 1986.

Schenini,P.C.;Bagnati,A.M.Z.; Cardoso, A.C.F. Gestão de Resíduos da Construção Civil. In: *Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário*. Florianópolis, 2004.

Seco de la Garza. Concreto Armado: calculo rápido. Madrid P. Orrier, 1913.

Serviço Brasileiro de Resposta Técnicas. Fabricação de Piso Intertravado. 2006.
www.sbrt.ibict.com.br

Shackel, B., 1991, "The evolution and application of Mechanistic Design Procedures for Concrete Block Pavements", Third International Concrete Block Paving Conference, pp. 114-120, Roma.

Shackel, B., 1990, "Design and Construction of Interlocking Concrete Block Pavements", First Edition and Reprinted 1991, Elsevier, New York and London.

Smith, R. "Grand Entrances". Interlocking Concrete Pavement Magazine. 2002.

Silveira, A.G. O Pavimento Intertravado de Governador Valadares. 10ª Reunião de Pavimentação Urbana. Uberlândia. 2002.

Soares, K. Caracterização de escórias siderúrgicas com propriedades aglomerantes. São Paulo. ABCP, 1982.

Somayaji, S. Civil engineering materials 2 ed. Great Britain: Prentice Hall, 2001.

Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte – visita à Usina 040

Stade, H. On the reaction of C-S-H with alkali hydroxides. Cement Concrete Research, 1989.

Tango, Carlos E. de S., 1994, "Procedimentos de Dosagem de Concreto para Blocos Estruturais", 5th International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries, pp 21-30, Florianópolis, Brazil.

Taylor, W. Cement Chemistry. London, Thomas Telford, 1997.

Taylor, W. Cement Chemistry. London, Academic Press, 1990.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Disponível Em: <http://www.epa.gov/>, acesso em 02/03/2005.

Vainovitch, A. Rverdy, M. Ciment de laitier granulé sans clinker. Bull, Liason Lab. Paris, 1982.

Vazquez, E. Draft of Spanish Regulations for the used of Recycled Aggregate in the Production of Structural Concrete. In: International Rilem Conference on the use o Recycled Materials i Buildings ad Structures, Barcelona, Spain, 2004.

Vazquez, E. Revista do Concreto - IBRACON. Fevereiro de 2005; 30 - 29.

Withey, O; Aston, J. Johnson's materials of construction. New York. J. Wiley & sons, 1939.

Wang, D; Scrivener, L.; Pratt, L. Advances in Cementt Research, 1995.

