

USO DE AGREGADOS RECICLADOS DE CONCRETO EM BLOCOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL

Alexandre Marques Buttler

Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Estruturas.

Orientador: Márcio Roberto Silva Corrêa

São Carlos

2007

USO DE AGREGADOS RECICLADOS DE CONCRETO
EM BLOCOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA
TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO,
PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

B988u Buttler, Alexandre Marques
Uso de agregados reciclados de concreto em blocos de
alvenaria estrutural / Alexandre Marques Buttler ;
orientador Márcio Roberto Silva Corrêa. -- São Carlos,
2007.


Tese (Doutorado-Programa de Pós-Graduação e Área de
concentração em Engenharia de Estruturas) -- Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo,
2007.

1. Agregados reciclados de concreto. 2. Blocos
estruturais com agregados reciclados de concreto.
3. Elementos compostos por unidades com agregados
reciclados. 4. Propriedades físicas e mecânicas.
I. Título

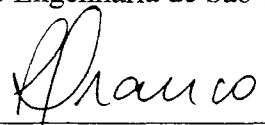
FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **ALEXANDRE MARQUES BUTTLER**


Tese defendida e julgada em 13/06/2007 perante a Comissão Julgadora:



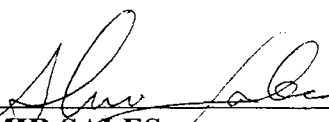
Prof. Associado **MÁRCIO ROBERTO SILVA CORRÊA (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP) APROVADO




Prof. Dr. **LUIZ SERGIO FRANCO**
(Escola Politécnica/USP) APROVADO




Prof. Dr. **HUMBERTO RAMOS ROMAN**
(Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC) Aprovado



Prof. Dr. **ALMIR SALES**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar) APROVADO



Prof. Dr. **OSNY PELLEGRINO FERREIRA**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP) APROVADO



Prof. Associado **MARCIO ANTONIO RAMALHO**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil (Engenharia de Estruturas)



Prof. Associado **GERALDO ROBERTO MARTINS DA COSTA**
Presidente da Comissão da Pós-Graduação da EESC

*Aos meus pais e minha
esposa; dedico este trabalho.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, que esteve ao meu lado, protegendo-me e guiando-me em todos os momentos da vida.

Aos meus pais, Félix Buttler e Maria Amália Marques Buttler, grandes incentivadores da minha carreira acadêmica, retribuo todo o amor, companheirismo e confiança que foram fundamentais para o meu desenvolvimento pessoal e profissional. Que Deus lhes dê saúde, proteção e muitos anos de vida.

A minha esposa, Eliandra, por ser acima de tudo minha grande companheira, sempre me apoiando nas decisões difíceis, pelas palavras de incentivo, pela confiança no meu potencial. Agradeço a Deus por você existir na minha vida.

A Olivardo (sogro) e Maria José (sogra), pelo apoio, incentivo e hospitalidade. Que Deus lhes proteja e conceda muita saúde.

A Elisângela (cunhada), Fábio (cunhado) e Maria Luísa (minha querida sobrinha), agradeço o apoio, incentivo e os momentos que passamos juntos.

Ao Prof. Márcio Corrêa, orientador e grande amigo, agradeço por sua valiosa orientação e pelas contribuições durante o desenvolvimento do trabalho.

Aos professores Almir Sales, Luís Sérgio Franco, Humberto Ramos Roman e Osny Pellegrino Ferreira, obrigado pelas sugestões durante o exame de defesa.

Ao grande amigo Danilo Mascarenha Prado, que dividiu comigo grande parte das tarefas deste árduo trabalho. Obrigado por tudo e que Deus ilumine seu caminho.

A todos os funcionários do laboratório, que foram verdadeiros companheiros durante os quase três anos de atividades no laboratório. Agradeço a todos indistintamente, Luís Vareda, Mário, Amauri, Mauri, Fabiano, Valdir, Romeu e Caio.

A todos os funcionários da secretaria do Departamento de Estruturas pelas valiosas colaborações.

A todos os colegas de pós-graduação, em especial, a Alexandre Freitas, Caio Nogueira, George, Daniel, Fernanda, Sérgio, André e Júlio pela amizade sincera e pelos momentos de descontração que compartilhamos.

CRÉDITOS

A elaboração deste trabalho foi possível em função do apoio de instituições e empresas, por meio de sugestões e apoio técnico-financeiro. Dessa maneira, são dignos de crédito:

- CAPES – Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior

Pela concessão de bolsa de estudos.

- FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

Pelo auxílio à pesquisa correspondente ao processo 2004/05141-2

- Tatu Pré-Moldados Ltda.

Por meio do Engenheiro Rogério Durante e dos funcionários de laboratório Ederval e Willian.

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABELAS.....	xv
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES.....	xxvii
RESUMO.....	xxix
ABSTRACT.....	xxxii
CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Introdução.....	1
1.2 Objetivos.....	5
1.3 Justificativas.....	6
1.4 Metodologia.....	11
1.5 Apresentação da tese.....	14
CAPÍTULO 2. RESÍDUOS DE CONCRETO.....	17
2.1 Diferenças entre os resíduos de concreto e resíduos de construção e demolição.....	17
2.2 Fontes de geração de resíduos de concreto.....	19
2.2.1 Etapas de construção e demolições.....	19
2.2.2 Usinas de concreto pré-misturado e fábricas de pré- moldados.....	22
2.2.3 Pavimentos de concreto e obras de arte.....	25
2.3 Estimativas de geração e reciclagem de resíduos.....	27
2.3.1 Panorama mundial.....	27
2.3.2 Situação brasileira.....	30
2.4 Deposição de resíduos.....	32
2.5 Unidades de reciclagem.....	39
2.6 Experiências e campos de aplicação para os agregados reciclados.....	44
2.7 Recomendações normativas e legislações.....	52
2.8 Conclusões do capítulo.....	60
CAPÍTULO 3. UNIDADES DE ALVENARIA.....	61
3.1 Blocos de concreto.....	61
3.1.1 Histórico.....	61
3.1.2 Produção de blocos de concreto.....	62
3.1.3 Metodologias de dosagem.....	64

3.1.3.1 Método da Besser Company.....	64
3.1.3.2 Método da ABCP.....	66
3.1.3.3 Método de dosagem do menor volume de vazios	67
3.1.3.4 Método IPT/EPUSP.....	68
3.1.3.5 Método de dosagem da composição granulométrica.....	69
3.1.3.6 Método de dosagem da Columbia	70
3.1.3.7 Procedimento proposto por Maia (2002).....	73
3.1.3.8 Procedimento proposto por Frasson Júnior (2000).....	73
3.1.3.9 Procedimento utilizado por Souza (2002).....	75
3.1.3.10 Procedimento proposto por Barbosa (2004).....	75
3.1.4 Blocos de concreto com agregados reciclados.....	76
3.2 Conclusões do capítulo.....	87
CAPÍTULO 4. RETRAÇÃO POR SECAGEM.....	89
4.1 O fenômeno da retração.....	89
4.2 Classificação dos tipos de retração.....	90
4.3 Retração por secagem.....	92
4.4 Fatores que influenciam a retração por secagem.....	93
4.5 Retração em elementos de concreto.....	97
4.5.1 CPs produzidos com agregados reciclados de concreto..	97
4.5.2 Blocos de concreto.....	99
4.5.3 Alvenaria de blocos de concreto.....	101
4.5.4 Recomendações construtivas.....	103
4.6 Conclusões do capítulo.....	109
CAPÍTULO 5. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS.....	110
5.1 Aglomerante.....	110
5.2 Aditivo.....	111
5.3 Agregados.....	111
5.3.1 Primeiro processamento	115
5.3.2 Segundo processamento.....	118
5.3.2.1 Representatividade das frações graúda e miúda..	119
5.3.2.2 Granulometria.....	121
5.3.2.3 Massa específica e absorção de agregado.....	125
5.3.2.3.1 Procedimento da Norma Brasileira.....	125
5.3.2.3.2 Procedimento proposto por Leite (2001)	133

5.3.2.3.3 Procedimento proposto por Dias e Agopyan (2004).....	135
5.3.2.4 Massa unitária (estado solto e compactado).....	144
5.3.2.5 Índice de forma de agregado.....	146
5.3.2.6 Abrasão Los Angeles.....	149
5.3.2.7 Quantidade de argamassa aderida.....	152
5.4 Conclusões do capítulo.....	153
CAPÍTULO 6. METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	156
6.1 Descrição das etapas.....	156
6.1.1 Primeira etapa.....	159
6.1.2 Segunda etapa.....	174
6.1.3 Terceira etapa.....	181
6.1.3.1 Escolha dos agregados reciclados.....	181
6.1.3.2 Diretrizes Básicas.....	183
6.1.3.3 Investigações preliminares (cura térmica e procedimento de mistura).....	185
6.1.3.4 Avaliação das propriedades dos CPs para diferentes classes de resistência.....	194
6.1.3.4.1 Grupos avaliados.....	195
6.1.3.4.1.1 Grupos 4,5.....	196
6.1.3.4.1.2 Grupo 8,0.....	196
6.1.3.4.1.3 Grupo 12,0.....	197
6.1.3.4.2 Propriedades físicas.....	198
6.1.3.4.2.1 Grupo 4,5.....	198
6.1.3.4.2.2 Grupo 8,0.....	199
6.1.3.4.2.3 Grupo 12,0.....	200
6.1.3.4.2.4 Análise dos resultados – propriedades físicas.....	201
6.1.3.4.3 Propriedades mecânicas.....	214
6.1.3.4.3.1. Grupo 4,5.....	214
6.1.3.4.3.2. Grupo 8,0.....	215
6.1.3.4.3.3 Grupo 12,0.....	216
6.1.3.4.3.4. Análise dos resultados – propriedades mecânicas.....	217

6.1.3.4.3.5. Estimativa da resistência dos blocos através da correlação com os CPs.....	228
6.2 Conclusões do capítulo.....	230
CAPÍTULO 7. UNIDADES DE ALVENARIA COM AGREGADOS REICLADOS.....	233
7.1 Descrição das propriedades físicas avaliadas.....	233
7.1.1 Análise dimensional.....	233
7.1.2 Absorção de água e área líquida.....	234
7.1.3 Massa específica e índice de vazios.....	234
7.1.4 Taxa de absorção inicial (IRA)	235
7.1.5 Absorção capilar.....	235
7.2 Descrição das propriedades mecânicas avaliadas.....	237
7.2.1 Resistência à compressão	237
7.2.1.1 Blocos de concreto.....	237
7.2.1.2 Meios-Blocos de concreto.....	237
7.2.2 Resistência à tração indireta.....	237
7.2.3 Módulos de deformação.....	238
7.3 Blocos de concreto com agregados reciclados.....	238
7.3.1 Produção dos blocos de concreto.....	238
7.3.2 Grupos avaliados.....	247
7.3.2.1 Grupo 4,5.....	247
7.3.2.2 Grupo 8,0.....	251
7.3.2.3 Grupo 12,0.....	253
7.3.3 Propriedades Físicas.....	256
7.3.3.1 Análise dimensional.....	256
7.3.3.1.1. Grupo 4,5.....	256
7.3.3.1.2. Grupo 8,0.....	259
7.3.3.1.3. Grupo 12,0.....	262
7.3.3.2 Absorção de água e área líquida.....	265
7.3.3.2.1. Grupo 4,5.....	265
7.3.3.2.2. Grupo 8,0.....	266
7.3.3.2.3. Grupo 12,0.....	268
7.3.3.2.4. Análise dos resultados – absorção de água e área líquida.....	269

Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

