

**UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA ACADÊMICA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO**



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
(MESTRADO)**

**UTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO
CIVIL NA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE ARGAMASSA
SEM FUNÇÃO ESTRUTURAL**

PAULO ROBERTO FREIRE DE PAULA

RECIFE/2010

PAULO ROBERTO FREIRE DE PAULA

**UTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA
PRODUÇÃO DE BLOCOS DE ARGAMASSA
SEM FUNÇÃO ESTRUTURAL**

Dissertação apresentada à Universidade Católica de
Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do
título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Tecnologia das Construções

Orientador: Prof. Dr. Silvio Romero de Melo Ferreira

RECIFE/2010

- P324u Paula, Paulo Roberto Freire de
Utilização dos resíduos da construção civil na produção de blocos de argamassa sem função estrutural / Paulo Roberto Freire de Paula ; orientador Silvio Romero de Melo Ferreira, 2010.
131 f. : il.
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco. Pró-Reitoria Acadêmica. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2010.
1. Construção civil. 2. Resíduos. 3. Blocos (Materiais de construção).
I. Título.

CDU 691

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO

PRÓ-REITORIA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – PROESPE.

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

PAULO ROBERTO FREIRE DE PAULA

**UTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA PRODUÇÃO DE
BLOCOS DE ARGAMASSA SEM FUNÇÃO ESTRUTURAL**

Banca Examinadora

Professor Dr. Sílvio Romero de Melo Ferreira
Orientador – UNICAP-PE

Professor Dr. Romilde Almeida de Oliveira
Examinador Interno – UNICAP-PE

Professora Dra. Stela Fucale Sukar
Examinadora Externa – UPE

Aprovada em 29 de Abril de 2010

“... Onde quer que haja mulheres e homens.
Há sempre o que fazer, há sempre o que ensinar,
há sempre o que aprender”.

(Paulo Freire)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por está sempre presente em minha vida.

À minha esposa Almaí, que com seu companheirismo vibra comigo cada momento do meu crescimento. A quem dedico todo este trabalho.

Às minhas filhas, Ana Carolina, Camila e Paula Daniele, razão de todas as minhas buscas e conquistas, obrigado pela força, por existirem na minha vida.

A minha filha Ana Carolina, pelo empenho e desempenho para estrutura deste trabalho. Obrigado filha pela paciência!

À minha mãe Terezinha Freire exemplo de luta e coragem. Obrigado mãe.

Ao meu neto querido, Nicolas Freire, anjo que ilumina todos os meus dias.

Ao meu tio Milton Freire sempre presente na realização das minhas conquistas.

A toda minha família, que sempre estiveram presentes acreditando no meu trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Silvio Romero pela intensa dedicação. Um exemplo de competência.

Aos meus amigos Prof. Dr. Francisco Gaudêncio Freires e Prof. MSc. Francisco Alves, grandes companheiros, pela intensa colaboração para a produção deste trabalho.

Ao prof. Dr. Joaquim Teodoro, pelas brilhantes colocações para o encaminhamento final deste trabalho.

Aos Prof. MSc Anderson Barbosa e Prof. MSc. Marconi Oliveira de Almeida da UNIVASF pelas orientações e colaboração dispensadas neste trabalho

Aos meus colegas de turma, pelo companheirismo.

Ao IF Sertão Pernambucano pelo incentivo.

Aos técnicos do laboratório de matérias de construção da UNIVASF, Charles, Lais e Sílvio pela intensa dedicação dispensada durante a realização do trabalho.

Aos órgãos Municipais da cidade de Petrolina, pelo fornecimento dos dados que auxiliou este trabalho.

À CTR Petrolina na pessoa do Sr. Medeiros, que sempre se mostrou colaborador nas informações de dados para a realização deste trabalho.

RESUMO

Diante da iminente escassez de recursos naturais disponíveis e dos problemas ambientais decorrentes das inadequadas deposições irregulares de resíduos nos centros urbanos, o presente trabalho busca analisar as características físicas de blocos e agregados de resíduos de construção e demolição RCD proveniente da indústria da construção e demolição do município de Petrolina-PE.

A construção civil como qualquer outro setor produtivo é gerador de resíduos devido aos desperdícios e à demolição após o uso ou catástrofes. Uma das aplicações para o resíduo é como agregado alternativo, em substituição total ou parcial ao natural, usados para a produção de blocos. O emprego desses resíduos como agregados para argamassas e concretos não estruturais tem bastantes estudos difundidos na literatura brasileira e no mundo inteiro. Neste trabalho, é analisada a viabilidade na confecção de blocos com uso de agregados miúdos reciclados para uso em alvenaria de vedação e o desempenho do mesmo diante de blocos com agregados naturais, confeccionados no município de Petrolina-PE, utilizando-se um traço padrão 1:6 (cimento: agregado miúdo). Os resultados indicaram que a substituição de 25; 50; 75; e 100% da areia natural por agregados miúdos reciclados não afeta significativamente as propriedades mecânicas dos blocos, cujos valores de resistência chegaram a 3,67 MPa, 2,63 MPa, 2,44 MPa e 2,03 MPa respectivamente. Por outro lado, essa substituição apresenta elevada porosidade, requerendo estudos mais aprofundados com o intuito de minimizar esse efeito para que se possa obter uma maior durabilidade das edificações construídas com essa composição.

Palavras-Chave: resíduos, blocos, vedação.

ABSTRACT

Given the imminent shortage of available natural resources and environmental problems arising from inadequate irregular deposition of waste in urban centers, this paper seeks to analyze the physical characteristics of blocks and aggregates, construction waste and demolition RCD from industry of construction and demolition of municipality of Petrolina-PE.

The construction as any other productive sector is to produce waste due to waste and the demolition after use or disasters. One application for the residue is added as an alternative to replace all or part of natural, used for the production of blocks. The use of waste as aggregates for mortar and concrete do not have enough structural studies disseminated in the Brazilian and worldwide. In this work, we analyzed the feasibility of making the blocks with the use of recycled fine aggregate for use in masonry sealing and performance in the face of blocks with natural aggregates, manufactured in the municipality of Petrolina, using a dash pattern 1: 6 (cement: aggregate kid). The results indicated that replacing 25; 50; 75; and 100% of natural sand by recycled fine aggregate did not significantly affect the mechanical properties of blocks, whose resistance values reached 3,67 MPa, 2,63 MPa, 2,44 MPa e 2,03 MPa respectively. On the other hand, such replacement presents high porosity, requiring more detailed studies in order to minimize this effect for which to obtain greater durability of buildings constructed with that composition.

Keywords: residue, blocks, seal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Distribuição percentual da procedência do RCC gerado na região de Petrolina - PE.....	46
Figura 2.2: Localização de Petrolina na Bacia do São Francisco.....	51
Figura 2.3: Vista panorâmica do Raso da Catarina.....	56
Figura 2.4: Esquema do Raso da Catarina.....	57
Figura 2.5: Lay-out da Usina de Beneficiamento de RCD de Petrolina.....	62
Figura 2.6: Vista Panorâmica da fachada oeste da UBE.....	63
Figura 2.7: Vista Panorâmica da fachada sul da UBE.....	63
Figura 2.8: Vista Panorâmica da fachada leste da UBE.....	64
Figura 2.9: Vista Panorâmica da fachada norte da UBE.....	64
Figura 2.10: Vista Panorâmica da guarita de controle, rampa de acesso e platô de abastecimento.....	65
Figura 2.11: Vista Panorâmica superior leste do alimentador vibratório, britador de impacto, transportados de correia fixo, imã e estrutura metálica de sustentação.....	65
Figura 3.1: Fluxograma: Parte experimental do trabalho.....	73
Figura 3.2: Entulhos dos RCD na usina de reciclagem: a) triagem dos RCD; b) retirada de materiais contaminantes.....	74
Figura 3.3: Triagem e segregação de RCD na usina de Petrolina-PE: a) triagem do RCD; b) segregação do RCD.....	75
Figura 3.4: Quarteamento dos RCD usados para obtenção das amostras.....	75
Figura 3.5: Amostra de agregados reciclados e agregados naturais: a) agregado reciclado; b) agregado natural.....	77
Figura 3.6: Peneiramento e pesagem das amostras: a) peneiramento da amostra do AMR; b) pesagem da amostra do AMR.....	78

Figura 3.7: Tara e pesagem do material: a) ensaio de massa unitária; b) pesagem do material.....	79
Figura 3.8: Processo de vácuo e pesagem da amostra: a) picnômetro e bomba de vácuo; b) pesagem da massa + água + recipiente.....	80
Figura 3.9: Prensa Hidráulica.....	81
Figura 3.10: Armazenamento dos materiais reciclados.....	83
Figura 3.11: Capeamento dos blocos de argamassa. a) preparação da pasta de cimento; b) blocos de argamassa capeados.....	84
Figura 3.12: Fluxograma de ruptura dos blocos.....	85
Figura 4.1: Composição dos RCD utilizado como insumo na fabricação de blocos..	87
Figura 4.2: Curva granulométrica geral dos agregados utilizados na fundição dos blocos.....	90
Figura 4.3: Curva granulométrica do agregado miúdo reciclado.....	91
Figura 4.4: Curva característica de absorção de água nos blocos de argamassa.....	98
Figura 4.5: Fissura em blocos após ruptura à compressão axial: a) aspecto de fissura em blocos com 100% de AMR; b) aspecto de fissura em blocos com 100% de AMN.....	101
Figura 4.6: Gráfico característico da resistência à compressão simples.....	105

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1: Estimativa de geração de resíduos da CC em diferentes países.....	36
Quadro 2.2: Estimativa da quantidade de entulhos produzidos no país	37
Quadro 2.3: Índices de perdas (%) nos processos construtivos.....	38
Quadro 2.4: Participações dos RCD urbanos e taxa de geração em cidades brasileiras .	39
Quadro 2.5: Participações dos RCD urbanos e taxa de geração no exterior	39
Quadro 2.6: Estimativa da quantidade do entulho produzido no País e no exterior.....	40
Quadro 2.7: Composições dos resíduos de construção e/ou demolição (%) em diversas localidades	43
Quadro 2.8: Componentes do entulho percentual (%) em relação ao tipo de obra em que foi gerado.....	44
Quadro 2.9: Resumo do quantitativo de RCD em Petrolina	45
Quadro 2.10: Composição média da fração pétreo do entulho (em %).....	47
Quadro 2.11: Redução do impacto ambiental (%) da reciclagem de resíduos na produção em alguns materiais de construção civil, exceto transporte	48
Quadro 2.12: Média de entrada de resíduos no aterro no ano de 2007	54
Quadro 2.13: Média de entrada de resíduos no aterro no ano de 2008	55
Quadro 2.14: Produtos obtidos a partir do RCD e utilizações na pavimentação.....	66
Quadro 3.1: Ensaio de caracterização do agregado	77
Quadro 4.1: Composição da fração pétreo do RCD na amostra.....	87
Quadro 4.2: Composição granulométrica do agregado miúdo reciclado (AMR).....	88
Quadro 4.3: Composição granulométrica do agregado pó-de-pedra.....	89
Quadro 4.4: Composição granulométrica do agregado miúdo natural-areia.....	89
Quadro 4.5: Caracterização física dos agregados.....	92
Quadro 4.6: Caracterização física dos agregados usados na fabricação de blocos em Petrolina.....	92
Quadro 4.7: Massa específica e unitária do agregado miúdo reciclado e natural no estado solto	94
Quadro 4.8: Teor de material pulverulento da areia natural e agregado reciclado.....	95

Quadro 4.9: Resultados do ensaio de absorção dos agregados miúdo e graúdo reciclados	96
Quadro 4.10: Resultados médios de absorção de água nos blocos.....	98
Quadro 4.11: Requisitos para agregado reciclado destinado ao preparo de concreto sem função estrutural	99
Quadro 4.12: Requisitos para resistência característica à compressão.....	101
Quadro 4.13: Tamanho da amostra de blocos para ensaio de resistência à compressão	103
Quadro 4.14: Resultados das médias dos ensaios de resistência à compressão simples nos blocos em MPa.....	104
Quadro 4.15: Composição média da fração pétreo do entulho (%).....	106
Quadro 4.16: Características físicas do cimento utilizado na confecção dos blocos	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Requisitos para agregado reciclado destinado ao preparo de concreto sem função estrutural.....	76
------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
AMN – Agregado Miúdo Natural
AMR – Agregado Miúdo Reciclado
ARC – Agregado Reciclado de Concreto
ARM – Agregado Reciclado Misto
CBR – Índice de Suporte Califórnia de Solos
CC – Construção Civil
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
CTR Petrolina – Central de tratamento de resíduos de Petrolina
ESALQ – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
EUA – Estados Unidos da América
hab – habitante
IPEF – Instituto de Pesquisas Florestais
Kg – Quilograma
LABMATEC – Laboratório de materiais e técnicas construtivas
NBR – Norma Brasileira
NM – Norma Mercosul
RCC – Resíduo de construção civil
RCD – Resíduo de construção e demolição
t – tonelada
t/h – tonelada por hora
UBE – Unidade de Beneficiamento de Entulho
UNIVASF – Universidade Federal do Vale do São Francisco –
URRCC – Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil
USP – Universidade de São Paulo
 μm - micro metro

Sumário

Resumo	vi
Abstract.....	vii
Lista de Figuras	viii
Lista de Quadros	x
Lista de Tabelas	xii
Lista de Siglas.....	xiii
Capítulo I.....	17
1.1. Considerações Gerais	17
1.2. Justificativa.....	20
1.3. Objetivos.....	21
1.3.1. Geral	21
1.3.2. Específico	21
1.4. Estrutura da Dissertação	21
Capítulo II – Revisão da Literatura	23
2.1. Resíduos de Construção e Demolição	23
2.2. Gerenciamento de resíduos sólidos da Construção Civil	25
2.3. Reciclagem na construção Civil	28
2.4. Reciclagem de resíduos da construção e demolição.....	30
2.4.1. Possibilidades de reaproveitamento dos RCD.....	31
2.5. Aplicação de alguns resíduos como agregado na construção civil.....	31
2.6. Consumo de matéria prima não renovável na construção civil.....	34
2.7. Geração de resíduos na construção civil.....	35
2.8. Características dos resíduos da construção civil	41
2.8.1. Composição	41
2.8.2. Composição dos RCD em Petrolina-PE	45
2.8.3. Composição média da fração pétreo dos RCD	46
2.9. A Reciclagem dos Resíduos na Construção Civil	47
2.9.1. Histórico	47
2.9.2. Experiências de reciclagem	48
2.10. Características do município de Petrolina-PE	50

2.10.1. Gestão dos resíduos sólidos do município.....	52
2.10.2. Serviços de limpeza urbana	53
2.10.3. Resíduos gerados na C.T.R de Petrolina	54
2.11. Caracterização da área de implantação da usina de reciclagem de Petrolina.....	55
2.11.1. Lay-out e equipamentos da usina de reciclagem de Petrolina.....	58
2.11.2. Implantação da usina de reciclagem de Petrolina-PE.....	62
2.12. Possibilidades de utilização do entulho reciclado	66
2.12.1. Utilização em pavimentos	66
2.12.2. Utilização como agregado para concreto.....	68
2.12.3. Utilização como agregado em argamassas	69
2.12.4. Utilização como agregado em tijolos de solo estabilizado com cimento	70
2.12.5. Utilização como agregado na produção de blocos	71
3. Capítulo III – Materiais e Métodos.....	72
3.1. Experimento da reciclagem de RCD para uso como agregados na fabricação de blocos de argamassa para alvenaria sem função estrutural	72
3.2. Coleta seletiva dos resíduos.....	73
3.3. Segregação dos materiais.....	74
3.4. Quarteamento e homogeneização dos materiais.....	74
3.5. Requisitos segundo a ABNT NBR 15116/2004 para uso de agregados reciclados	75
3.6. Caracterização do RCD	76
3.7. Ensaio de caracterização dos RCD reciclados.....	77
3.7.1. Ensaio de composição granulométrica no agregado miúdo reciclado.....	78
3.7.2. Ensaio de material pulverulento do agregado miúdo natural- areia	78
3.7.3. Ensaio de massa unitária no estado solto do agregado miúdo reciclado	79
3.7.4. Ensaio de massa específica do agregado miúdo reciclado	79
3.7.5. Ensaio de absorção dos agregados reciclados	80
3.7.6. Ensaio de absorção dos blocos	80
3.7.7. Ensaio de resistência à compressão simples.....	81
3.8. Materiais usados na fabricação de blocos sem função estrutural	82
3.9. Processo de fabricação dos blocos.....	83
3.10. Fluxograma de ruptura dos blocos	84
4. Capítulo IV – Resultados e Discussões	86
4.1. Composição da fração pétreia do RCD na amostra.....	86
4.2. Composição gravimétrica dos RCD utilizados na fabricação de blocos	87

4.3. Ensaio de composição granulométrica no agregado miúdo reciclado (AMR).....	88
4.4. Ensaio de massa unitária no estado solto do agregado miúdo reciclado	93
4.5. Ensaio de massa específica do agregado miúdo reciclado e natural	93
4.6. Ensaio de material pulverulento do agregado miúdo natural e reciclado.....	94
4.7. Ensaio de absorção dos blocos	95
4.8. Ensaio de resistência à compressão simples com blocos de RCD	100
4.8.1. Gráfico de resistência à compressão.....	103
4.9. Composição média dos resíduos de construção e demolição	105
4.10. Características do cimento utilizado na fabricação dos blocos com agregados reciclados	106
5. Capítulo V – Conclusões e Sugestões	108
5.1. Conclusões.....	108
5.2. Sugestões para trabalhos futuros.....	110
6. Referências Bibliográficas.....	111
Anexos.....	120
Apêndices	128

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Gerais

Uma das grandes dificuldades enfrentadas pelas administrações municipais, estaduais e mesmo no âmbito federal, refere-se ao destino dos resíduos sólidos gerados pelas indústrias, resíduos domésticos e, principalmente, resíduos gerados pela demolição e construção de obras de construção civil.

Segundo JOHN (2000),; ANGULO (2005), os resíduos de construção e demolição (RCD), tanto no Brasil como no exterior, representam de 13 a 67% em massa dos resíduos sólidos urbanos (RSU), cerca de 2 a 3 vezes a massa de resíduo urbano, estimado para um montante de 68,5 milhões de toneladas por ano. Praticamente todos os países no mundo investem num sistema formal de gerenciamento para reduzir a deposição ilegal e sistemática, causando assoreamento de rios, entupimento de bueiros, degradação de áreas e esgotamento de áreas de aterros, além de altos custos sócio-econômicos, especialmente em cidades de médio e grande porte (ANGULO, 2005).

Estes resíduos representam sérios problemas para essas entidades federativas quando dispostos irregularmente.

Em Petrolina/PE, um diagnóstico apresentado por SANTOS (2008) permitiu quantificar no período de outubro a novembro do ano de 2007 aproximadamente 714

toneladas de resíduo de construção e demolição em 11 pontos da região urbana do município de Petrolina/PE que serviam de despejos não oficiais, considerados assim pontos de deposição irregular. Os locais de descartes (bota-foras) e as inúmeras deposições irregulares desses resíduos culminavam por degradar o ambiente implicando numa imagem pouco agradável à cidade.

Tomando por base o exemplo de algumas cidades brasileiras tais como Belo Horizonte, São Paulo e São Carlos, a Prefeitura Municipal de Petrolina/PE, através do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) instalou a primeira usina de beneficiamento de resíduos de construção e demolição do estado de Pernambuco, objetivando disciplinar e minimizar o impacto ambiental causado por essas deposições irregulares.

A implantação da gestão sustentável do entulho se dá de forma a facilitar o descarte correto através da instalação de pontos de despejos voluntários de pequenos e grandes volumes de resíduos, seleção da fração pétreo dos resíduos de construção e demolição, bem como gerar fonte de ocupação e renda aos catadores locais.

A busca por uma gestão sustentável do entulho requer também um ordenamento visando disciplinar os envolvidos no processo de geração e fluxos deste resíduo e a necessidade da implantação de um plano de destinação e conseqüentemente agregação de valor a esses resíduos para obras privadas atentando assim para a garantia de compra por parte das entidades municipais envolvidas.

De acordo com a resolução nº 307 do CONAMA (Conselho Nacional do meio Ambiente) criada em 2002, todos os municípios devem dar uma destinação ambientalmente correta aos resíduos de construção e demolição. Dentre as várias diretrizes estabelecidas, destacam-se as seguintes: os geradores deverão ter como objetivo prioritário, a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final. Desde julho de 2004, os resíduos da construção civil não podem ser dispostos em aterros de

resíduos domiciliares, em áreas de “bota fora”, em encostas, corpos d’água, lotes vagos e áreas protegidas por lei. Deverão constar no Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, com obrigatoriedade de elaboração pelos municípios e Distrito Federal, o incentivo e a reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo.

Segundo o CONAMA nº 307 (2002), os resíduos de construção estão classificados em: Classe A, B, C e D, sendo os resíduos da classe A, com potencial emprego na fabricação de concretos, argamassas e elementos de alvenaria.

Estudos desenvolvidos com concretos sem e com resíduos de construção beneficiados, onde se substitui os agregados naturais pelos agregados reciclados têm constatado que:

- 1- durante a produção dos concretos há uma diminuição da fluidez das misturas de acordo com o teor crescente de resíduo empregado no concreto;
- 2- o rejeito de construção civil usado como agregado apresenta uma absorção de água bem superior à do agregado tradicional, devido tanto à sua grande porosidade como a maior quantidade de finos existentes neste resíduo;
- 3- em concretos secos, empregados na moldagem de blocos, o grau de compactação é uma variável importante nas propriedades de resistência e de absorção dos blocos, mais que a própria relação água/cimento;
- 4- na fabricação de blocos de concreto a composição da amostra de agregado reciclado empregada afeta diretamente as propriedades mecânicas dos concretos;
- 5- a confiabilidade técnica de blocos de vedação produzidos a partir de entulhos da construção civil tem contribuído para a reciclagem destes resíduos e para a produção de componentes utilizáveis em obras urbanas, tais como blocos de pavimentos intertravados;

Diante do exposto, a pergunta central desta investigação é:

Como viabilizar a fabricação de blocos de argamassa de resíduos de construção para alvenaria sem função estrutural?

1.2. Justificativa

A importância teórica do presente trabalho deve-se ao fato de justificar as profundas mudanças por que vem passando a construção civil brasileira ante a Resolução nº 307 do CONAMA (2002), na tentativa de ajustar-se ambiental e socialmente correta, agregando valores econômicos a produtos que outrora eram encontrados sem um destino adequado.

Nos últimos tempos, a construção civil tem demonstrado avanços no que se refere à redução de desperdícios, com implantação de planos de gerenciamentos de gestão de qualidade, aproveitamento quase que na sua totalidade dos resíduos gerados em obras, minimizando assim o impacto ambiental e contribuindo para a redução do uso de matéria-prima natural, gerando com isso economia de energia.

A presente pesquisa subsidiará o município de Petrolina e demais regiões circunvizinhas, uma vez que posto em prática, estabelecerão diretrizes aos Órgãos Públicos, tomadores de decisão, na adoção de leis e planos de gerenciamentos voltados à reutilização dos resíduos da Construção reciclados, contribuindo para uma política de busca de entendimento entre homem e natureza.

O aproveitamento do RCD reciclado deve configurar uma das práticas da indústria da Construção Civil na construção de novas habitações com o intuito de minimizar o uso indiscriminado de recursos naturais e a conseqüente escassez desse produto. Uma vez adotada tal prática, ascenderá significativamente para a redução dos níveis de impacto ambiental e consumo de energia na cadeia produtiva dos subprodutos da construção civil.

1.3 Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

O presente trabalho tem por objetivo avaliar, do ponto de vista técnico, a viabilidade da confecção de blocos de argamassa sem função estrutural, fabricados com resíduos de construção.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Avaliar a composição granulométrica dos resíduos de construção e demolição após beneficiamento.
- Avaliar a substituição dos agregados naturais por agregados reciclados na caracterização e propriedades dos blocos.
- Avaliar a adequação dos blocos à norma técnica da ABNT 6136 de 2007 e 15116 de 2004.

1.4. Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está dividida em 05 (cinco) capítulos a seguir discriminados:

No Capítulo I, abordam-se as considerações gerais sobre os RCD, a identificação do problema que envolve a pesquisa e os objetivos gerais e específicos que regem a mesma.

No Capítulo II, apresenta-se um histórico dos Resíduos de Construção e Demolição-RCD no Brasil e no mundo, do volume gerado em algumas cidades do mundo, em algumas cidades brasileiras, das normas que estabelecem a sua utilização, bem como informações de possíveis tipos de reaproveitamentos dos materiais a partir do entulho triturado na usina de reciclagem no município de Petrolina. Ainda neste capítulo, aborda-se a legislação ambiental no Brasil, focando a Resolução 307 do CONAMA, sua evolução e seu impacto no Brasil, nas prefeituras e no mercado de Resíduos da Construção. Também são apresentadas as instalações da usina de reciclagem de Petrolina-PE, localização geográfica do município e da usina, panorama de reaproveitamento dos RCD processados, aplicações diversas desses resíduos.

O Capítulo III trata dos materiais e métodos utilizados, verificando o campo de atuação da pesquisa, aplicação das normas técnicas da ABNT NBR, a natureza da pesquisa, bem como o tratamento dos dados, definição dos ensaios de laboratório e a análise de dados levantados pelo estudo.

O Capítulo IV apresenta os resultados obtidos da pesquisa e os interpreta para as condições em que se possa fazer uso adequado nas obras de engenharia.

O Capítulo V apresenta as conclusões obtidas na pesquisa para o emprego dos blocos em obras de engenharia, além de sugestões de temas de pesquisa para futuros trabalhos acadêmicos.

Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas que foram utilizadas para fornecer subsídios ao trabalho do pesquisador.

CAPÍTULO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Resíduos de Construção e Demolição

Segundo a norma técnica ABNT NBR 10004:2004, “Resíduos Sólidos-Classificação”, os resíduos nos estados sólidos e semi - sólidos, são os que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição além de certos efluentes com características inviáveis para lançamento na rede pública ou outros corpos de água. Tais resíduos são divididos em 03 classes:

- Classe I ou perigosos: são aqueles que, isoladamente ou por mistura, em função de suas características de toxicidade, inflamabilidade, corrosividade, reatividade, radioatividade e patogenicidade em geral, podem apresentar riscos à saúde pública (com aumento de mortalidade ou de morbidade) ou efeitos adversos ao meio ambiente, se manuseados ou dispostos sem os devidos cuidados.
- Classe IIa ou não inertes: são aqueles que não se enquadram na classe I ou na IIb.
- Classe IIb ou inertes: são aqueles que não se solubilizam ou que não tem nenhum de seus componentes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, quando submetidos a um teste padrão de solubilização conforme

NBR 10006:2004 – “Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos”.

Os Resíduos perigosos podem ser definidos simplesmente como sendo uma substância perigosa, descartada, abandonada, negligenciada, despejada ou designada como um material residual, ou uma forte interação com outras substâncias para se tornar perigosa. Estes resíduos de forma simples podem ser definidos como sendo o material descartado em lugar indevido podendo causar prejuízos aos seres vivos do local e seus arredores.

Três abordagens básicas são necessárias para definição dos resíduos perigosos:

- a) descrição qualitativa da origem, tipo e constituintes;
- b) classificação das principais características baseadas nos processos testados;
- c) concentração de substâncias específicas perigosas.

Além disso, podem também ser classificados de acordo com sua origem. Nesse caso, o resíduo pós-consumo são aqueles resultantes do consumo de um bem, gerado de forma difusa no ambiente construído e normalmente confundido com o resíduo sólido do município.

Segundo CARNEIRO et al. (2000), o fato de haver uma grande variedade de matéria prima, de técnicas e metodologias empregadas na construção civil, as características dos entulhos gerados são afetados em especial na sua composição e quantidade condicionando assim, as características dos materiais à realidade da região.

Para MANAHAN (2001), a eficácia de uma gestão de resíduo é dada pela redução da quantidade e do perigo dos resíduos e que para administrá-lo beneficentemente deve-se atentar para os seguintes procedimentos:

- a) o primeiro passo, não produzi-los;
- b) se produzi-los, reduzir as parcelas mínimas;

- c) procurar meios de reciclá-los;
- d) se produzi-los de forma não reciclável, tratá-los de preferência para que não os torne perigosos;
- e) se não for possível torná-los não perigosos, acomodá-los de modo seguro;
- f) uma vez acomodados, monitorá-los de modo a não produzir efeitos adversos.

Segundo OLIVEIRA (2003), os resíduos de construção e demolição podem conter materiais de pintura ou substâncias de tratamento de superfícies, que podem contaminar o solo por percolação.

Para KARTAM et al. (2004) esses resíduos podem ser classificados em: Material de escavação, sobras de materiais de construção de estradas e sobras de materiais de obras de construção, renovação e demolição de edifícios.

O tratamento desses resíduos segundo JOHN (2007), depende do sistema de coleta, que pode vir a ser dispendioso, portanto, o sucesso da reciclagem do resíduo pós-consumo é viável quando o valor agregado ao produto é elevado, a exemplo das latas de alumínio e o pouco sucesso da reciclagem das embalagens Tetrapack. Por outro lado os resíduos industriais são aqueles gerados de forma concentrada, facilitando sua recuperação.

2.2. Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil

CARNEIRO et al. (2006), afirma que o gerenciamento de resíduos está intimamente associado ao desperdício de mão-de-obra e materiais na fase de execução dos empreendimentos e que somente um projeto de gerenciamento de resíduos de construção civil contribui com uma das ferramentas que pode minimizar na redução desses resíduos. Em primeiro momento, a implantação do Projeto poderia ser visto

como um obstáculo, mas assim que os primeiros resultados forem obtidos, poderão advir notórios benefícios.

Em pesquisa realizada por SCHNEIDER & PHILIPPI (2004), pode-se observar que são as empresas construtoras de pequeno porte os responsáveis pela geração de grande quantidade de entulho, que para diminuir custos com a deposição regular, transfere para a sociedade toda a responsabilidade. Para evitar, devem ser realizadas várias políticas de aproveitamento de resíduos que conferem:

- Limitações de componentes perigosos em materiais de construção;
- Incentivo à durabilidade de materiais de construção;
- Incentivo ao uso de materiais de construção reciclados ou recicláveis;
- Cobrança de preços elevados para a deposição de resíduos em aterros;
- Triagem obrigatória de resíduos em obras;
- Demolição controlada; entre outros.

Ao longo dos anos, houve um aumento de interesse no meio ambiente e na sustentabilidade que a partir daí, iniciou-se uma gama de eventos para tratar o assunto e um avanço na diminuição dos impactos ambientais. São eles: a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, realizada em Estocolmo em 1972; o documento Nosso Futuro Comum, elaborado em 1987; a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, no Rio de Janeiro em 1992 (Eco-92); e a Agenda 21, com definições e metas a serem alcançadas nas próximas décadas (CAMARGO, 2003). Recentemente, mais um salto em diretriz à busca da sustentabilidade do planeta, aconteceu entre os dias 7 e 18 de dezembro de 2009, a Conferência climática de Copenhagem, capital da Dinamarca, COP 15, cujo principal objetivo foi estabelecer o tratado que substituirá o Protocolo de Quioto, vigente de 2008 a 2012.

No Brasil, foi o bairro Higienópolis no ano de 1998, em São Paulo, que iniciou uma política de interesse pelo meio ambiente devido ao comprometimento da paisagem urbana e o tráfego de pedestres e de veículos que promove a multiplicação de vetores de doenças (SCHNEIDER & PHILIPPI, 2004).

A sustentabilidade na construção é uma responsabilidade dos empresários e da sociedade e deve ser levada em conta desde a construção até o planejamento de qualidade de vida dos moradores. Para isto, é necessária a utilização de recursos sustentáveis para a construção de novos empreendimentos.

Segundo MARCONDES & CARDOSO (2005), a cadeia produtiva da construção civil está dividida em: desenvolvimento dos fornecedores, que consiste na utilização racional dos recursos e na minimização das perdas existentes nos processos de extração desses recursos e da entrega na obra e no o processo produtivo, situada na gestão de perda de materiais e na segregação dos resíduos. Em geral, deve haver uma busca constante à sustentabilidade.

Apesar das iniciativas privadas, no Brasil, a maioria dos representantes de empresas construtoras não conhece os seus deveres como geradores de resíduos de construção civil. E dentre os que conhecem, existem aqueles que não dão a devida importância ao caso. O exemplo, a baixa taxa de reaproveitamento desses resíduos nos canteiros de obra, que para o governo, a gestão de resíduos sólidos da construção civil é de extrema importância para a sustentabilidade de uma cidade ou de uma região.

A perda dos resíduos da construção civil está diretamente relacionada com o consumo em excesso dos recursos naturais. Segundo PINTO (1999), dependendo da ação tecnológica empreendida pelo construtor durante o processo construtivo, essas perdas estão situadas entre 20% e 30% da massa total.

Algumas pesquisas realizadas por SCHNEIDER (2003), SANTOS (2008), verificaram que o planejamento para a minimização dos RCD e a especificação dos materiais quanto a sua durabilidade e uma provável reciclabilidade deve acontecer já no início da obra, em especial, seguindo as orientações para o maior uso de materiais reciclados. Como é o caso da Alemanha, Coréia e Japão que introduziram instrumentos regulatórios com leis de recomendações para este fim.

Segundo PALIARI et al. (2002), a redução das perdas de materiais vem trazer benefícios na redução dos recursos naturais e na redução de entulhos lançados em diversas áreas urbanas.

2.3. Reciclagem na construção civil

Alguns conceitos de aproveitamento de resíduos são importantes para entender melhor a reciclagem. Dentre esses processos, pode-se considerar:

- a) Recuperação - que pode ser definida como a retirada do resíduo de seu circuito tradicional de coleta e tratamento, a exemplo, a recuperação de PET, papéis, dos sistemas tradicionais de coleta, ou ainda de lodos de tratamento de efluentes destinados à eliminação em aterros controlados.
- b) Valorização - é quando se pretende agregar um valor financeiro a um determinado resíduo, por exemplo, vidros, na produção de silicatos e vitrocerâmicos.
- c) Reciclagem - tem por objetivo introduzir o resíduo no seu ciclo de produção em substituição total ou parcial de uma matéria prima.

Sob o ponto de vista da sustentabilidade, a reciclagem de resíduo, apresenta vantagens potenciais. Contudo ela só é válida após a análise do ciclo de vida. Sendo necessário que o novo material a partir do resíduo não venha a contaminar as

construções que usam tais resíduos, seja pela contaminação da água, radiação ou volatilização de frações orgânicas (EPA, 1998, citado por JOHN, 2000, p.30).

Os dois setores que melhor vêm desenvolvendo programas de reciclagens são a indústria cimenteira e o setor siderúrgico que recicla pelo menos 6 milhões de toneladas de sucata, evitando a geração de 2,3 milhões de toneladas de resíduos e de cerca de 11 milhões de toneladas de CO₂, onde parte do aço é utilizada no concreto armado produzido no Brasil (JOHN 2000).

A vida útil de um produto, segundo JOHN (2000), é sempre limitada, após a qual o produto se transforma em resíduo. Segundo ele, mesmo os produtos duráveis têm vida útil finita, tendo em vista que todo processo de transformação de energia dá-se a partir de uma forma mais nobre para uma menos nobre, deixando os produtos em algum momento, transformarem-se em pós-consumo. Alguns destes produtos acabam se tornando resíduos por não se enquadrarem de acordo com o especificado. Para isso, segundo o autor, a reciclagem é condição para o desenvolvimento sustentável, pois é ela que permite fechar o ciclo.

Os primeiros estudos no Brasil de resíduos aplicados à construção civil bem como sua reciclagem, segundo ANGULO (2000), deve-se a PINTO (1999) e CINCOTTO (1983).

Segundo LEVY (2001), na Alemanha, cerca de 85% do entulho da segunda grande guerra havia sido removido e em 1960 todo o entulho havia sido reciclado ficando então caracterizado como o início do desenvolvimento das técnicas de reciclagem de RCD. Ainda neste país, segundo o autor, existe cerca de 1600 aterros para resíduos de construções e demolições.

Na Holanda, segundo DORSTHOST (2003), atualmente 95% de todo RCD produzido é reutilizado ou reciclado e, desde o ano 2000, é proibido enviar resíduo com possibilidade de reutilização para aterros sanitários.

CROWTHER (2003), afirma ser a Austrália, um dos países a contribuir com uma das mais altas taxas de geração de resíduos no mundo. São aproximadamente 14 milhões de toneladas por ano. Desses, segundo o autor, 16 a 40% provém da indústria da construção.

Para SCHNEIDER e PHILIPPI (2004), países como os da União Européia, os EUA e os Países Baixos, a reciclagem dos resíduos é uma realidade bastante freqüente. A taxa de resíduos aproveitados na construção civil nesses lugares pode chegar a 90%

2.4. Reciclagem de resíduos de construção e demolição

Vários são os benefícios trazidos pela reciclagem dos entulhos dos RCD, em especial para a população e o meio ambiente, que segundo (EPA, 1998, citado por JOHN, 2000), na escala social, pode-se observar a redução nos custos de construção em especial de casas populares e na geração de empregos aumentando a competitividade da economia do país.

Outra vantagem está na redução por parte do poder público em baratear o preço dos produtos reciclados além de obter vantagens econômicas em despesas com a remediação das áreas de deposição irregular.

Para KARTAM et al. (2004), muito embora as vantagens da reciclagem dos materiais de construção estejam alcançando o mercado brasileiro, existem dificuldades desta introdução. Segundo o autor, um deles são os produtos oriundos de RCD reciclado, aparecem sem apreciação, devendo passar por etapas de desenvolvimento e crescimento até atingir uma maturidade de mercado. Outro problema enfrentado para a

adoção dos produtos reciclados, esta na limitação de um incentivo fiscal e de uma valorização dos resíduos, ou seja, de uma minimização nos preços desses produtos em relação aos confeccionados com os recursos naturais.

2.4.1. Possibilidades de reaproveitamento dos RCD

Várias são as possibilidades de reaproveitamento dos resíduos de construção e de demolição que segundo ROCHA et al. (2003), deve-se considerar as características socioeconômico e cultural de cada região. Um dos mais importantes tipos de reaproveitamento dos RCD está o aterramento, que mesmo aplicado sem nenhum beneficiamento, é um dos mais utilizados. Em seguida, esta a utilização do material nas camadas de base e sub-base de pavimentações, que segundo PINTO (1999), apresenta ótima capacidade de suporte com uma menor utilização de agregados natural. As especificações de uso e possibilidades desses materiais estão na NBR 15116: 2004 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - utilização em pavimentos e preparos de concreto sem função estrutural-Requisitos.

2.5. Aplicação de alguns resíduos como agregado na construção civil

O avanço nas pesquisas sobre aplicação de resíduos sólidos de diversas origens, como agregado na construção civil vem ganhando impulso nos últimos anos. A seguir, alguns exemplos deste desenvolvimento.

AGOPYAN et al. (2003),; desenvolveram um compósito com argamassa de aglomerantes alternativos (escória granulada de alto forno e cinza de casca de arroz) e fibras de coco, que apontaram para a possibilidade de construção de painéis com materiais reforçados com fibras vegetais. Os ensaios demonstraram que um aumento de

fibras eleva a resistência ao impacto e o teor de ar incorporado reduz levemente a resistência à tração, flexão e compressão, contudo a forma de ruptura passa de frágil a dúctil, precedida de fissuração generalizada.

NOLASCO (1993) avaliou a possibilidade de utilização de resíduos da indústria de papel na produção de materiais para a construção civil. A sua análise permitiu concluir a viabilidade de utilização do resíduo em sua forma “in natura” como agregado em várias situações:

- No enchimento de blocos vazados cerâmicos e de concreto melhorando as características termo-acústicas destes componentes. Podendo ser utilizado em lajes com a finalidade de caixão perdido, em se tratando de um agregado leve; com função de absorver o ruído em edificações de múltiplos pavimentos etc.
- Na forma de compósito resíduo + cimento que sugerem algumas possibilidades de aplicação tais como forro, divisórias etc. Tendo em vista o comportamento plástico resultante da presença de fibras, as tensões máximas observadas, o desempenho termo-acústico e as propriedades em relação à perda de massa e propagação superficial de chama.
- Uma pesquisa realizada pelo Departamento de Ciências Florestais e pelo IPEF - Instituto de Pesquisas Florestais da ESALQ – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da USP em Piracicaba, identifica a utilização de resíduos da fabricação de papel na produção de blocos cerâmicos com melhor acabamento e maior resistência ao impacto. O processo de fabricação destes blocos com o resíduo é o mesmo utilizado na fabricação de blocos convencionais. Além dos bons resultados tecnológicos destes blocos a utilização de tais resíduos resolve o problema de disposição, reduzindo os custos e riscos ambientais para as indústrias de papel. Segundo NOLASCO (1993), a utilização deste resíduo

permite a redução do tempo de queima e conseqüentemente o consumo de energia.

CHAMIE (1994) analisou o encapsulamento de resíduos galvânicos em matriz cimentícia e demonstraram a eficiência deste processo que permitiu a reclassificação destes resíduos de classe I para classe II segundo a ABNT NBR 10004:2004 “Resíduos sólidos-Classificação” - No entanto para utilização como argamassa, este encapsulamento não foi tão eficiente, pois apresentou no melhor dos traços uma queda de resistência ao longo do tempo.

PABLOS (1995) demonstrou a possibilidade de se confeccionar tijolos e blocos vazados através da utilização do resíduo sólido gerado pelo descarte das areias de fundição aglomeradas com argila sob o aspecto químico, o processo de encapsulamento permitiu uma estabilização do resíduo. No entanto, segundo o autor, as propriedades físicas e mecânicas dos produtos obtidos apresentavam devido a presença de certas substâncias químicas resultados razoavelmente satisfatórios, necessitando de mais estudos para analisar o comportamento destes produtos ao longo do tempo,

SAVASTANO Jr et al. (1997), analisaram a viabilidade de aproveitamento de vários resíduos e subprodutos da extração e processamento de fibras vegetais para uso como reforço de matrizes cimentícias para a construção civil. Estes resíduos prestam-se ao reforço de pastas cimentícias. Entre os resíduos com potencial de aproveitamento, destacam-se os resíduos do sisal, do coco e rejeito de celulose de eucalipto, além de resíduos do algodão.

CHERIAF et al. (2000), estudaram a aplicação de lodo da indústria têxtil e cinza pesada de termoelétrica, através da solidificação com cimento Portland. O processo além da estabilização química apresentou desempenho interessante destes resíduos na construção civil, além das cinzas pesadas geradas nas termoelétricas poderem ser

utilizadas como elemento de solidificação do lodo têxtil. Estudos de utilização de escória de aciaria em concreto foram estudados neste mesmo ano por MASUERO et al. (2000), quando observou que a adição de 20% desse resíduo torna o concreto com qualidade superior ao concreto convencional.

A experiência apresentada por ARTHUR (2001) teve bastante aceitação, quando analisou a utilização de resíduo sólido gerado pelo descarte das areias de fundição fenólicas como componente do compósito solo - cimento. Com exceção do fenol que, apesar de uma enorme diminuição do solubilizado, ainda não pode enquadrar-se na quantidade mínima exigida pela legislação, os resultados físico-mecânicos foram muito satisfatórios na maioria das substâncias químicas.

BATTISTELLE (2002) estudou a viabilidade técnica do emprego de resíduo gerado na indústria de celulose e papel em tijolos de adobe. Abrindo grandes oportunidades para as construções de casas populares, permitindo uma economia de até 11 kg de cimento por m³. Tendo em vista ser este produto de baixo custo e de fácil produção, além de contribuir com a diminuição do impacto ambiental.

Ainda em 2002, iniciou-se a utilização de escórias de alumínio na produção de concretos celulares altoclavados ou moldados em bloco (tijolos de concreto, painéis de pré-moldado, contra piso e outros tipos de revestimento). A escória atua como agente expensor que incorpora porosidade à massa, possibilitando uma economia de até 30% de redução de areia, cimento e cal (ARAÚJO, 2002).

2.6. Consumo de matéria-prima não renovável na construção civil.

A utilização dos recursos naturais vem crescendo na mesma medida em que cresce a população e a economia dos países.

Segundo JOHN (2000), alguns dados a respeito foram apresentados: no mundo o consumo de materiais em 1995 foi de 9,5 bilhões de toneladas, um pouco mais de 1,6 t/hab.ano (MATOS & WAGNER, 1999); Ainda segundo o autor, os Estados Unidos da América atingiram um consumo de 2,8 bilhões de toneladas de materiais em 1995 ou 10 t/hab.ano. Para atender a esta oferta de materiais é necessário uma extração enorme de matérias primas natural a tal ponto que se estima que países industrializados como Alemanha, Japão e Estados Unidos consomem entre 45 e 85 t/hab.ano de matérias primas naturais, sem incluir água e o ar. Enquanto que o Japão em 1995 estima o seu consumo de materiais em 2,6 bilhões de toneladas ou 18,7 t/hab.ano; (KASAI, 1998).

No Brasil, baseado na produção de cimento portland, e acrescentando o volume de agregados das pavimentações e perdas, o consumo é de 35 milhões de t/ano com um consumo anual de 210 milhões de toneladas de agregados somente na produção de concretos e argamassas (traço médio de 1:6).

2.7. Geração de resíduos na construção civil

Segundo JOHN (2000), as estimativas da geração dos resíduos em diferentes países conforme apresenta o Quadro 2.1, refletem a taxa de perda de materiais de construção e na importância relativa das atividades de construção, manutenção e demolição em cada economia em diferentes países.

Para SOUZA et al. (2004), a geração desses resíduos está intimamente ligada com a parcela do excesso de consumo de materiais nos canteiros de obra. Segundo o autor, esse desperdício de material é entendido como a percentagem entre a quantidade de material teoricamente necessário e a quantidade de material realmente utilizado.

Quadro 2.1 – Estimativa de geração de resíduos da C.C. em diferentes países (JOHN 2000).

País	Quant. Anual		Fonte	OBS
	MT/ Ano	KG/ Hab		
Suécia	1,2-6	136-680	EU(1999)	??, 1996
Holanda	12,8-20,2	820-1300	Lauritzen(1998); EU(1999)	
EUA	136-171	463-584	EPA(1998)	1996
Reino Unido	50-70	880-1120	Lauritzen(1998)	1995, 1996
Bélgica	7,5-34,7	735-3359	Lauritzen(1998); EU(1999)	
Dinamarca	2,3-10,7	440-2010	Lauritzen(1998); EU(1999)	
Itália	35-40	600-690	Lauritzen(1998); EU(1999)	
Alemanha	79-300	963-3658	Lauritzen(1998); EU(1999)	?; 1994-1996
Japão	99	785	Kasai(1998)	1995
Portugal	3,2	325	EU(1999)	Excluir Solos
Brasil	Na	230-760	Pinto(1999)	Algumas Cidades Apenas

No Brasil segundo PINTO (1990), a geração desses resíduos estudadas em 10 cidades variou de 230 a 760 kg/hab.ano representando de 41% a 70% do resíduo sólido do município. Diferentemente dos EUA, onde a geração estimada de entulho é inferior à do resíduo municipal, ou seja, 463 kg/hab.ano de RCD (EPA, 1998) contra 720 kg/hab.ano de resíduo municipal (EPA, 1996). Que segundo (HENDRICKSON; HARVOATH, 2000), esta disparidade é atribuída a uma menor geração de resíduos nas atividades de construção, ou mesmo ao menor peso da construção na economia norte americana.

No Quadro 2.2 podem ser observadas algumas estimativas da quantidade de entulho produzido em algumas cidades brasileiras.

Quadro. 2.2 – Estimativa da quantidade do entulho produzido no país.

Local Gerador	Geração Estimada (t/dia)
São Paulo (1)	12400
Rio de Janeiro (1)	900
Brasília (1)	2833
Belo Horizonte (1)	3400
Porto Alegre (1)	1933
Salvador (4)	1453
Recife (1)	600
Curitiba (1)	2467
Fortaleza (1)	1667
Campinas (2)	1800
Jundiaí (2)	712
Ribeirão Preto (2)	1043
Santo André (2)	1013
Uberlândia (3)	958
Guarulhos (3)	1308
Fontes:(1) ZORDAN (2003);(1) PINTO (1999);(1) PIRACICABA (2001);(1) XAVIER E ROCHA (2001)	

Segundo ZORDAN (2003), a principal causa do entulho gerado acontece durante o processo construtivo e embora nem toda perda se transforme efetivamente em resíduo, este desperdício corresponde em média a 50% do total. Nas obras de reformas, o desperdício vem da falta de uma cultura de reutilização e reciclagem dos materiais.

No Quadro 2.3, PINTO (1999), apresenta a perda de materiais em processos construtivos convencionais, pesquisadas em doze estados brasileiros e identifica que o modelo de estimativa de geração de resíduos de construção e demolição na área urbana esta baseado segundo o autor, em três critérios de informações:

a) estimativa de área construída, baseada nos registros municipais de construção:

Baseia-se na massa estimada para as edificações, ou seja, 1200 Kg/m²; perda média de materiais nos processos construtivos de 25%; percentual de perda de materiais removido

como entulho de 50%, possibilitando assim estimar a taxa de geração de resíduos de construção na ordem de 150 kg/m² de construção;

b) estimativa da geração de RCD a partir de ação dos coletores: baseada nas informações dos coletores; origem dos resíduos;

c) coleta pela administração pública: baseada no monitoramento de descargas nas áreas utilizadas como destino do RCD.

Quadro. 2.3 – Índices de perdas percentuais nos processos construtivos.

Materiais	PINTO (1)	SOIBELMAN (2)	SOUZA et al. (3)
Concreto Usinado	1,5	13	9
Aço	26	19	11
Blocos e Tijolos	13	52	13
Cimento	33	83	56
Cal	102	-	36
Areia	39	44	44

FONTES:
 (1) Valores de uma obra (PINTO, 1999)
 (2) Média de 5 obras (SOILBELMAN, 1993)
 (3) Mediana de diversos canteiros (SOUZA, et al.; 1998)

A participação dos RCD nos resíduos sólidos urbanos e a taxa de geração desses resíduos bem como a estimativa da quantidade de entulhos de diversas cidades do Brasil e no exterior, estão representadas nos Quadros 2.4, 2.5 e 2.6 respectivamente.

Quadro. 2.4 – Participações dos RCD urbanos e taxa de geração em cidades brasileiras

Localidades	Participação dos RCD na Massa Total de RSU	Taxa de Geração (t/ habitante/ ano)
Piracicaba (2)	67%	0,59
Santo André - SP (1)	54%	0,51
São José do Rio Preto – SP (1)	58%	0,66
São José dos Campos – SP (1)	67%	0,47
Ribeirão Preto – SP (1)	70%	0,71
Jundiaí – SP (1)	62%	0,76
Vitória da Conquista – BA (1)	61%	0,40
Belo Horizonte – MG (1)	54%	0,34
Campinas – SP (1)	64%	0,62
Fonte: PINTO (1999)		

Quadro. 2.5 - Participações dos RCD urbanos e taxa de geração no exterior

Localidades	Participação dos RCD na Massa Total de RSU	Taxa de Geração (t/ habitante/ ano)
Europa Ocidental (1)	~ 66%	0,7 a 1,0
Suíça (1)	~ 45%	~ 0,45
Alemanha (1)	>60%	-
Região Bruxelas – Bélgica (1)	>66%	-
EUA (1)	39%	-
Vermont State (E.U.A) (1)	48%	-
Japão (1)	-	~ 0,68
Hong Kong (1)	-	~ 1,50
Fonte: PINTO (1999)		

Quadro 2.6 - Estimativa da quantidade do entulho produzido no país e no exterior

Local Gerador	Geração Estimada (t/mês)
São Paulo	372.000
Rio de Janeiro	27.000
Brasília	85.000
Belo Horizonte	102.000
Porto Alegre	58.000
Salvador	44.000
Recife	15.000 (1)
Curitiba	74.000
Fortaleza	50.000
Florianópolis	33.000
Europa	16.000 a 25.000
Reino Unido	6.000
Japão	7.000

Fonte: ZORDAN (2001)

(1) Relatório da 1 Reunião do Fórum Pernambucano de Construção Sustentável em 02/04/2008

Em Recife-PE, segundo SILVA (2003), estima-se que 30 a 35% dos resíduos gerados são de novas construções, enquanto que percentuais de 65% a 70% provêm de obras de demolição de antigas construções. Em geral são os edifícios de múltiplos pavimentos que se destacam como principais fontes de geração de resíduos de construção e demolição na cidade do Recife, contribuindo com um total médio de 57% de todo resíduo coletado (CARNEIRO, 2005).

Em Petrolina PE, segundo PINHEIRO (2006), são as obras de demolições que se destacam com valores da ordem de 48,67%, 30,83% procede de limpeza de terrenos e movimentações de terra, 15,08% de perdas em processos construtivos e os demais 5,42% tem procedência ignorada.

2.8. Características dos resíduos da construção civil

O agregado reciclado miúdo é um material predominantemente arenoso, com partículas finas não plásticas e uma das diferenças marcantes entre o agregado reciclado e o agregado convencional é a alta absorção de água do primeiro (CARNEIRO et al., 2000).

Ainda segundo a autora, a maioria dos resíduos de construção são inertes. No entanto pode acontecer que a matéria prima utilizada altere a classificação de certos concretos produzidos com escórias de alto teor de metais pesados e quando reciclados podem gerar agregados prejudiciais ao meio ambiente e à saúde dos trabalhadores e usuários.

Segundo ZORDAN (2003), o RCD se apresenta na forma sólida, com características físicas variadas, podendo apresentar - se tanto em dimensões e geometrias já conhecidas dos materiais de construção Os resíduos da construção civil são aqueles gerados em construções ou em formatos e dimensões irregulares.

2.8.1. Composição

O RCD apresenta em sua composição vários materiais que em separado, são reconhecidos pela NBR 10004 - “Resíduos sólidos” - classificação (ABNT, 1987) como inertes (rochas, tijolos, vidros, alguns plásticos etc.). No entanto, até o momento, não estão disponíveis análises sobre a solubilidade do resíduo que o enquadraria como “Resíduo de classe IIa – não inerte” (ZORDAN, 2003).

De acordo com as estatísticas realizadas no Brasil, o entulho gerado nas obras brasileiras, é composto por 64% de argamassas, 30% de tijolos e blocos como

componentes de vedação e 6% para os demais materiais (plásticos, metais, concretos, areias e rochas). Variando de acordo com o tipo de obra em que é originado, dos aspectos econômicos da região e do processo construtivo adotado (CORCUERA & CAVALCANTI 2003). Conforme identifica o Quadro 2.7 e 2.8 de composição em diversas localidades Brasileiras e em relação ao tipo de obra por PINTO (1999) e CARNEIRO et al. (2001).

Quadro 2.7-Composições dos resíduos de construção e/ou demolição (%) em diversas localidades.

Composição Percentual (discriminação conforme as fontes)	Composição dos RCD em obras brasileiras típicas	Composição típica dos RCD em Hong Kong	Composição típica dos RCD na Bélgica	Composição típica dos RCD em Toronto
Argamassas	64,0	-	-	-
Asfalto	-	2,2	-	-
Concreto	-	-	10,2	-
Concreto	4,2	31,2	38,2	-
Alvenaria	-	-	45,2	-
Madeira	0,1	7,9	2,1	34,8
Entulho, agreg. e Cerâm.	-	-	-	24,1
Entulho	-	7,7	-	-
Componente Cerâmico	11,1	-	2,9	-
Blocos de Concreto	0,1	0,8	-	-
Tijolos	18,0	5,2	-	-
Ladrilhos de Concreto	0,4	-	-	-
Pedra	1,4	11,5	-	-
Areia	-	3,2	-	-
Cimento Amianto	0,4	-	-	-
Gesso	-	-	0,2	-
Metais	-	3,3	0,2	7,7
Vidro	-	0,3	-	2,8
Papel Cartão	-	-	-	4,3
Papel	-	-	-	3,5
Papel e Orgânico	0,2	-	-	-
Outros Orgânicos	-	1,7	-	0,6
Plástico	-	-	0,4	2,5
Tubos Plásticos	-	0,6	-	-
Acessórios	-	0,1	-	-
Têxteis	-	-	-	0,7
Borracha e Couro	-	-	-	0,5
Finos	-	-	-	1,9
Outros mat. de construção	-	-	-	16,6
Solo	0,1	-	-	-
Lixo, solo e barro	-	23,8	-	-
Bambu e árvores	-	0,4	-	-
Sucata	-	0,1	-	-
Outros	-	-	0,6	-
TOTAL	100	100	100	100

Fonte: PINTO (1999)

Quadro 2.8 - Componente do Entulho (%) em relação ao tipo de obra em que foi gerado.

Componentes Presentes (%)	Trabalhos Rodoviários	Escavações	Sobras de Demolição	Obras Diversas	Sobras de Limpeza
Concreto	48,0	6,1	54,3	17,5	18,4
Tijolos	-	0,3	6,3	12,0	5,0
Areia	4,6	9,6	1,4	3,3	1,7
Solo, Poeira, Lama	16,8	48,9	11,9	16,1	30,5
Rocha	7,0	32,5	11,4	23,1	23,99
Asfalto	23,5	-	1,6	-	0,1
Metais	-	0,5	3,4	6,1	4,4
Madeiras de construção	0,1	1,1	7,2	18,3	10,5
Papel e Matéria Orgânica	-	1,0	1,6	2,7	3,5
Outros	-	-	0,9	0,9	2,0

Fonte: CARNEIRO et al. (2001)

Através de análises químicas e difratométricas, OLIVEIRA et al. (2001), constataram que o resíduo de concreto não pode ser considerado um material inerte, além do que, o material descartado em locais inadequados pode provocar a contaminação de águas e conseqüentemente a sua mineralização. Os resultados pelo autor sugerem a reclassificação do resíduo de concreto de classe III – resíduos Inertes, para a classe II – resíduos não inertes de acordo com a NBR 10004 (ABNT, 1987).

Nas obras de demolições, segundo MORAIS (2006), são os tijolos e concretos que se apresentam com maior representatividade na composição dos resíduos. Enquanto que a geração dos RCD, originadas de novas construções, estão nas perdas físicas resultantes do processo construtivo desde a fundação, a elevação das alvenarias, nos revestimentos e acabamentos das edificações.

SILVA et al. (2007), diagnosticaram na cidade do Recife que os materiais cerâmicos das novas construções na fase de acabamento apresentam o maior índice na composição dos materiais chegando a uma média de 4,11% durante sua aplicação.

Segundo SIQUEIRA et al. (2008), a cada 1,0 m² de tijolos assentados são desperdiçados 03 tijolos. Representando um índice de perda médio de 13,91% na cidade. Para Oliveira et al. (2008), 10% de todo o material utilizado em uma obra transforma-se em resíduo, um percentual significativo do custo total de uma obra. Segundo o autor, a geração de resíduos também é influenciada pela forma como se constroem as edificações e como se faz a gestão dos resíduos de construção e demolição.

2.8.2. Composição dos RCD em Petrolina PE

Em Petrolina, SANTOS (2008), numa pesquisa realizada em 11 pontos de deposição irregular de RCD no município, observou que os materiais cerâmicos representam 45,5% na composição de todo o material observado, seguido das argamassas com 23,6%, do concreto com 14,1% e da areia com 8,0%. A distribuição percentual e a composição gravimétrica desses resíduos estão representados no Quadro 2.9 e na Figura 2.1 respectivamente.

Quadro 2.9 – Resumo do quantitativo de RCD em Petrolina

Material Presente observado	Percentual de material por amostra (%)
Cerâmica	45,5
Argamassa	23,6
Concreto	14,1
Areia	8,0
Madeira	2,0
Plástico	0,5
Gesso	6,3

Fonte: SANTOS (2008)

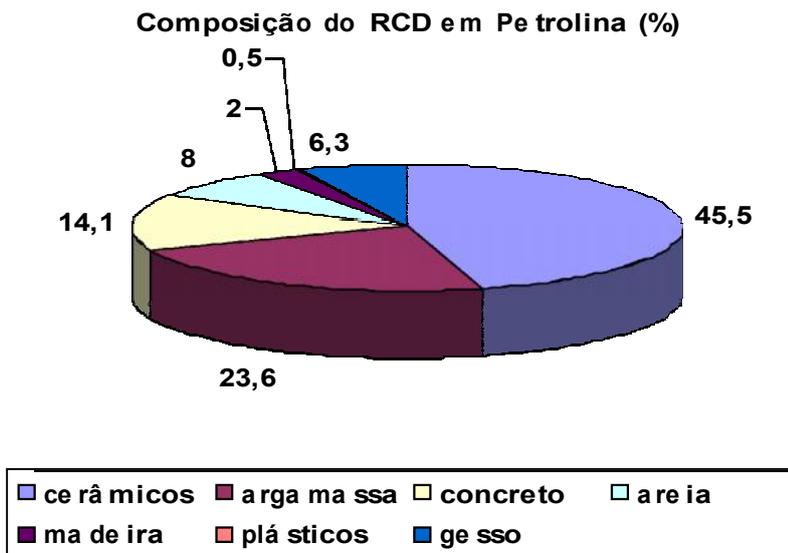


Figura 2.1-Distribuição percentual da procedência do RCC gerado na região de Petrolina-PE.

Fonte: SANTOS (2008)

2.8.3. Composição média da Fração Pétreo dos RCD

No Quadro 2.10, segundo levantamento realizado por autores como FONSECA (2002), FARIAS et al. (2006), SANTOS (2008) e o autor da pesquisa (2010) no que diz respeito à composição média da fração pétreo dos entulhos em percentual apresentados, demonstra certa tendência regional quando se trata de descartes de determinados tipos de materiais de construção e demolição conforme podem ser observados os percentuais de concretos, argamassas e materiais cerâmicos, sendo estes considerados materiais básicos na composição de um RCD.

Quadro 2.10 - Composição média da fração pétreo do entulho (em %).

Composição Média Do entulho (em%)	Fonseca, (2002)	Farias et al, (2006)	Santos (2008) Petrolina/PE	O Autor (2010) Petrolina/PE
Argamassas	40,60%	39,41%	23,60%	37,4%
Concreto	12,50%	6,17%	14,10%	21,1%
Material Cerâmico	25,70%	49,38%	45,5%	23,3%
Pedras	20,30%	4,73%	-	17,7%
Outros	0,90%	0,31%	16,8%	0,5%
TOTAL	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

2.9. A Reciclagem dos Resíduos na construção civil.

2.9.1. Histórico

Por ser a indústria da construção civil um dos setores mais fortes da economia e uma grande consumidora de matérias primas, termina por provocar vários impactos ambientais. Seja pela produção de resíduos ou outras formas de poluição (JOHN, 2000). Segundo o autor, a redução desses impactos pode vir através de ações que alguns governos municipais vêm agindo ativamente na reciclagem de resíduos de construção e demolição, alterando sua cadeia produtiva em busca do desenvolvimento sustentável. A redução do impacto ambiental através da reciclagem de certos materiais de construção pode ser verificada pelo Quadro 2.11.

Quadro 2.11 - Redução do impacto ambiental (%) da reciclagem de resíduos na produção em alguns materiais de construção civil, exceto transporte.

Impacto Ambiental	Alumínio	Aço	Vidro	Adição de escória ao cimento (%)		
				20	30	50
Energia	97	74	6	88	82	71
Matéria prima		90	54	20	30	50
Água		40	50			
Poluição do ar		86	22	20 *	30 *	50 *
Res. Em Geral		105	54			
Res. Minerais		97	79			
*Considera-se a redução de poluentes no processo de clinquerização como CO ₂						

Fonte: JOHN (2000)

Neste aspecto, o setor de construção civil permite diversas possibilidades de reciclagem, tendo em vista os diferentes ramos da cadeia produtiva está presente em toda região, passando a ser a reciclagem desses resíduos garantia de uma maior oferta de produtos alternativos para uma mesma função em diversas regiões.

2.9.2. Experiências de reciclagem

O processo de reciclagem de RCD iniciou-se na Europa e chega a atingir cerca de 90% de material reciclado, onde as frações de material reciclado provêm de resíduos de construção. Segundo HENDRICKS (2000), a certificação do produto reciclado em alguns países já é motivo de discussão.

Segundo CORCUERA & CAVALCANTI (2003), as experiências de reciclagem de entulho foram iniciadas após a segunda guerra mundial na Europa. Os países em crise financeira e com escassez de matérias primas, moem os entulhos para a utilização na reconstrução de suas cidades e lançam mão de britadeiras utilizadas em pedreiras. Em países como a Holanda, 70% dos RCC são reciclados e na Alemanha 30%. Copenhague na Dinamarca recicla cerca de 25% do entulho de demolição, pois o país

tem escassez de material granulado, existindo uma sobretaxa de 10% sobre o consumo dos agregados naturais, favorecendo a reciclagem pelas próprias mineradoras. (TENÓRIO; ESPINOSA, 2004).

No Brasil, os órgãos municipais e estaduais já discutem a reciclagem e reutilização dos materiais. Segundo OLIVEIRA et al. (2007), apesar do pequeno número de estudos realizados no Brasil em RCD utilizados em dosagens estruturais, os resíduos de construção se comparado com outros resíduos apresentam grande potencial de reciclabilidade.

Desde 1991, com a inauguração da primeira usina de reciclagem em Itainga, localizada na zona sul de São Paulo, os municípios vêm construindo outras unidades de instalações de reciclagem, como as de Londrina no Paraná e as de Belo Horizonte em Minas Gerais (ZORDAN, 1997 citado por SANTOS, 2007). Já em novembro de 1995 foi inaugurada a primeira usina de reciclagem de Belo Horizonte no Bairro Estoril (CHENNA, 2001).

Na capital Pernambucana existem propostas para a utilização dos materiais recicláveis, um deles é o estudo da interação solo-concreto convencional com o agregado reciclado em obras de contenção (FERREIRA et al. 2006), Um outro, elaborado por OLIVEIRA et al. (2007), avaliou a resistência à compressão do concreto com uso de agregado de RCD, onde fora observado através de ensaios uma menor resistência à compressão e um maior consumo de cimento, acarretando um maior custo para a produção do concreto.

Segundo SILVA et al. (2008), a utilização de RCD reciclado como agregado miúdo em obras de melhoramento apresenta grande potencialidade de uso em estacas de compactação de areia e brita. Em função da similaridade encontrada entre as amostras

de RCD e o pó de pedra. Tal uso além de contribuir para a preservação do meio ambiente tende a provocar uma redução nos custos das obras de melhoramento do solo.

O aproveitamento desses resíduos trará grande benefício ao meio ambiente e contribuirá para resolver um dos problemas urbanos, que é a destinação final dos RCD (SILVA et al., 2008).

Uma das mais recentes instalações de usina de reciclagem para beneficiamento de RCD no Brasil em 2007 está situada no bairro da mangabeira, na cidade de João Pessoa no Estado da Paraíba e outra no bairro José e Maria do município de Petrolina no estado de Pernambuco em 2008. (SANTOS, 2008).

2.10. Características do município de Petrolina

O Município de Petrolina localiza-se na Bacia do Rio São Francisco (Região Submédio São Francisco), situa-se a 714 Km de Recife, está inserido na Mesorregião do São Francisco e Microrregião de Petrolina, Estado de Pernambuco. Ocupa 4.585 Km² de superfície territorial, sendo que 87,69 Km² (1,91% do total) são de área urbana, enquanto 4.497 Km² (98,09% do total) são de área rural. Figura 2.2.



Figura 2.2 – Localização de Petrolina na Bacia do São Francisco
 Fonte: Secretaria executiva do Ministério dos Transportes

Por possuir grande extensão territorial a área rural apresenta-se em três configurações:

- Área de sequeiro (caatinga), a agricultura depende do período de chuvas predominando assim, a criação de pequenos animais;
- Área ribeirinha (margens do rio São Francisco), utilizada pelo lazer e turismo, além da pesca artesanal e cultivo de hortifrutigranjeiros;
- Área Irrigada (projetos de irrigação) caracteriza-se pelo uso de tecnologia de produção e irrigação para o cultivo de hortaliças e principalmente de frutas.

Dispõe das rodovias federais BR-122, BR-428, BR-116 e BR-232 e da estadual PE-360, como vias de acesso.

Petrolina localiza-se pelas coordenadas geográficas:

Latitude (Sul): 09°23'55''

Longitude (Oeste): 40°30'03''

Altitude média: 376 metros

E pelos limites municipais:

Norte: Município de Dormentes

Sul: Município de Juazeiro (BA)

Leste: Município de Lagoa Grande

Oeste: Município de Casa Nova (BA) e Afrânio (PE).

2.10.1. Gestão dos resíduos sólidos do município

A gestão dos resíduos sólidos no município é feita pela Secretaria de Infra-estrutura e pela Secretaria de Serviços Públicos.

A estrutura da Secretaria de Infra-estrutura, que é a encarregada de efetuar a fiscalização no que tange a limpeza pública, é formada por uma assessoria duas diretorias e três gerências. Já a Secretaria de Serviços Públicos é estruturada por uma assessoria, duas diretorias e uma gerência, que por meio desse quadro exerce as funções operacionais na questão da gerência do aterro remediado e dos resíduos sólidos no município.

A Secretaria de Serviços Públicos é responsável pelo controle dos resíduos domiciliar, industrial, saúde e RCC, porém em relação aos resíduos industriais há uma fragilidade relevante, pois a referida secretaria não detém informações a respeito do volume e destino final dos mesmos, sabe-se apenas que algumas indústrias fazem o depósito irregular no aterro da cidade.

No tocante aos resíduos de saúde dos centros médicos do Município, estes são tratados pela unidade de tratamento da empresa contratada, instalada na cidade, os resíduos da rede particular são de inteira responsabilidade dos geradores, que são atendidos pela mesma empresa. Dessa forma o município não detém informações em relação a volumes coletados e tratados deste setor, como também não efetua fiscalizações ficando por sua vez a cargo do órgão ambiental competente, CPRH.

Dois modelos de gestão diferenciados são administrados pela Secretaria de Serviços Públicos: Os serviços de limpeza pública estão terceirizados, sendo realizados por empresa contratada, que é responsável pelas atividades de limpeza Pública. Já a destinação final vem sendo executada desde dezembro de 2006 pela empresa CTR-Petrolina em regime de concessão por um período de 20 anos.

2.10.2. Serviço de limpeza urbana

A coleta de resíduos municipais atende mais de 90% da população do município, com um efetivo envolvido nessas atividades de 11 funcionários, tendo em vista que os equipamentos que são alugados são disponibilizados com o respectivo operador pela empresa de aluguel.

A fiscalização dos serviços, de responsabilidade da Secretaria de Infra-estrutura, é feita por meio de 16 fiscais motorizados (motos) que se dividem em setores, ficando cada um responsável por 1 setor, ou seja a cidade é dividida em 16 setores, onde são percorridos diariamente pelos fiscais e supervisionados pela supervisora que escolhe aleatoriamente os setores para aferir os trabalhos executados pela fiscalização.

A sistemática de fiscalização está relacionada diretamente com os roteiros de coleta, onde os fiscais percorrem todo o roteiro de acordo com a programação diária.

A construtora contratada responsável pela coleta domiciliar atende inclusive as áreas de difícil acesso, que na cidade são representadas pelas ruas não pavimentadas, onde o acesso dos caminhões compactadores é prejudicado pela própria estrutura do solo. Nesses locais, a coleta é efetuada por tratores de pneu e carroça.

2.10.3. Resíduos Gerados na CTR= Petrolina

A demanda de serviços, representada pelo aumento da geração de resíduos sólidos de Petrolina, cresceu drasticamente nas últimas décadas, atrelada ao crescimento populacional do município, que exibe as maiores taxas de crescimento do estado de Pernambuco.

Nos últimos 30 anos a população urbana de Petrolina foi quadruplicada e conseqüentemente a produção de resíduos sólidos aumentou proporcionalmente. Os Quadros 2.12 e 2.13 a seguir, apresenta os valores médios de resíduos que estão sendo pesados na Área de Remediação Ambiental da CTR-Petrolina.

Quadro 2.12 - Média de entrada de resíduos no aterro no ano de 2007.

Mês	Domiciliar (ton)	Entulho (ton)
Ano 2007		
Janeiro	4.519,32	516,70
Fevereiro	3.893,10	369,90
Março	3.969,75	883,81
Abril	3.424,60	326,54
Mai	3.583,36	336,15
Junho	3.451,07	529,64
Julho	3.465,84	808,68
Agosto	3.683,75	640,37
Setembro	3.261,59	535,68
Outubro	3.724,41	655,42
Novembro	3.729,54	984,09

Fonte: CTR Petrolina

Quadro 2.13 - Média de entrada de resíduos no aterro no ano de 2008.

Mês	Domiciliar (ton)	Entulho (ton)
Ano 2008		
Janeiro	3.661,07	70,26
Fevereiro	3.512,72	52,60
Março	3.665,91	280,83
Abril	3.968,29	306,13
Mai	3.614,45	787,75
Total	18.422,44	1.497,57

Fonte: CTR Petrolina

2.11. Caracterização da área de implantação da usina de reciclagem de Petrolina.

Raso da Catarina, lixão, são alguns dos qualificativos com que se conhecia até dezembro de 2006 uma área de 22,0 hectares e 2.081m de perímetro, inserida no núcleo urbano da cidade de Petrolina no Bairro José e Maria, o lixão municipal.

Nesse local, a degradação ambiental decorrente da destinação final inadequada de resíduos sólidos chegou a níveis intoleráveis. O passivo ambiental hoje existente é o resultado de uma seqüência de agressões ao meio ambiente que começaram a mais de 30 anos atrás, quando uma área de 22 hectares então ocupada com vegetação de caatinga, foi desmatada e começou a ser explorada como extração de material de aterro (escasso na região).



Figura 2.3 – Vista panorâmica do Raso da Catarina
Fonte: CTR Petrolina-2006

Estima-se que mais de 700.000 m³ foram retirados do local, formando uma depressão que segundo as prospecções realizadas pode atingir mais de 10,0m de profundidade no seu ponto máximo, e desde há 20 anos recebe o lixo da cidade de Petrolina sem nenhum tipo de controle tecnológico.

A conformação geométrica do local pode ser assimilada à de um retângulo de dimensões médias 550,0 x 360,0m, ainda no lado oeste pode ser verificada uma saliência com formato de “nariz” com comprimento de aproximadamente 215,0m, o que fornece ao local uma dimensão máxima de 780,0m no eixo oeste – leste. A topografia realizada no local permite visualizar uma área enganosamente plana, que decresce suavemente passando da cota 375,0m no extremo noroeste (ponta do nariz), à cota 373,0m na borda sudoeste do recinto. Após dita borda, o declínio da topografia se

incrementa e o terreno desce com uma declividade maior até a cota 360,0m aproximadamente, quando encontra o canal de drenagem Antônio Cassimiro.

Como pode ser observado na Figura 2.3, a ocupação urbana está assentada no entorno do lixão, sendo a principal receptora dos impactos ambientais decorrentes da degradação da área. A situação de interação mais crítica está do lado leste da área, onde uma comunidade de baixa renda, de antigos catadores do lixão, invadiu os terrenos e construiu as moradias muito próximas da borda da escavação que contorna o lixão.

Dentro dos 22 hectares que conformam o recinto, a superfície do terreno apresenta de forma geral 2 aspectos bem diferenciados: áreas alagadas que ocupavam aproximadamente 50% do local e áreas de terra firme conformadas, ora por solo, ora por resíduos sólidos ou inclusive a mistura de ambos. A Figura 2.4 a seguir apresenta um esquema do Raso da Catarina, com suas duas áreas alagadas denominadas Lagoas 1 e 2, as áreas não alagadas e finalmente o setor de implantação da Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil - URRCC.

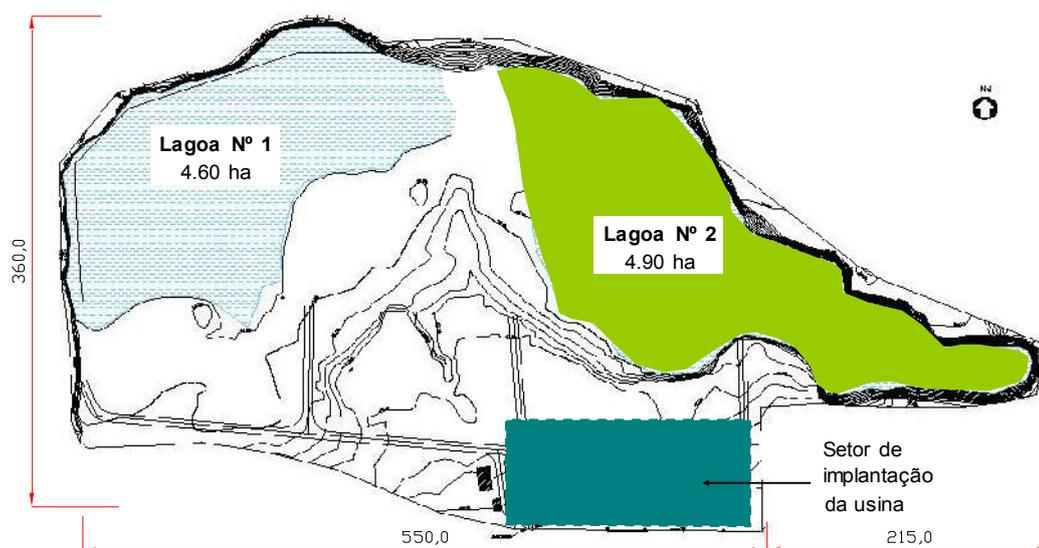


Figura 2.4 – Esquema do Raso da Catarina
Fonte CTR Petrolina

2.11.1. Lay-out e equipamentos da Usina de Reciclagem de Petrolina.

Segundo dados da CTR – Petrolina, a usina de reciclagem de resíduos da construção civil foi implantada com as seguintes unidades:

- Alimentador vibratório,

Completo, com capacidade de 30 m³/h, motor elétrico blindado trifásico, polias e correias em V, mesa vibratória com grelha pré-classificadora e apoios em molas espirais, caixa vibratória, tremonha de carga com capacidade de 3 m³ e chassis.

- Transportador de correia fixo,

Completo, largura 16", comprimento 11,0 m, capacidade de transporte de 30 m³/h, motor elétrico blindado trifásico, redutor de velocidade, polias e correias em V, correia de duas lonas e revestimento resistente à abrasão, tambores de tração e retorno, roletes de carga e retorno com rolamentos blindados, selados por labirintos, dupla vedação contra pó, assentados em cavaletes de carga em V e cavaletes de retorno paralelos, esticador, limpadores auto reguláveis, cavaletes de apoio para transportador e tremonha de carga com vedação em borracha.

- Britador de impacto,

Completo, com capacidade de 20 t/h, em circuito aberto, com 95% de produtos passantes em peneira de 60 mm, produção contínua, alimentação de material de 300 min, motor elétrico blindado trifásico, polias e correias em V, Carter de proteção do movimento, carcaça sobre chassis metálico, rotor horizontal apoiado em mancais de rolamentos auto-compensador, barras de impacto, placas de impacto e peças de desgaste em liga resistente à abrasão, revestimento interno substituível, sistema de acesso para facilitar troca de elementos e manutenção interna, sistema de regulação de placas de

impacto por molas, para permitir variação de granulometria produzida e sistema de segurança.

- Calha metálica,

Em chapa de aço, enrijecida por cantoneiras, completa com sistema de acesso para limpeza/ manutenção, vedação contra pó, sistema "by-pass" para recolhimento de pinos do AV.

- Transportador de correia fixo,

Completo, largura 20", comprimento 6,0 m, capacidade de transporte de 40 m³/h, motor elétrico blindado trifásico, redutor de velocidade, polias e correias em V, correia de duas lonas e revestimento resistente à abrasão, tambores de tração e retorno, roletes de impacto, revestidos com anéis anti-choque, carga e retorno com rolamentos blindados, selados por labirintos, dupla vedação contra pó, assentados em cavaletes de carga em V e cavaletes de retorno paralelos, esticador, limpadores auto reguláveis, cavaletes de apoio para transportador e ímã permanente, e tremonha de carga com vedação em borracha.

- Transportador de correia móvel,

Tipo móvel, radial, giro mínimo de 180°, completo, com largura 16", comprimento 14,0 m, capacidade de transporte de 30 m³ /h, para leira de estoque até 4,5 m, motor elétrico blindado trifásico, redutor de velocidade, polias e correias em V, correia de duas lonas e revestimento resistente à abrasão, tambores de tração e retorno, roletes de carga e retorno com rolamentos blindados, selados por labirintos, dupla vedação contra pó, assentados em cavaletes de carga em V e cavaletes de retorno paralelos, esticador, limpador auto reguláveis, cavaletes de apoio em V, com rodas

giratórias, rolamentos de apoio na parte traseira e tremonha de carga com vedação em borracha.

- **Ímã permanente,**

Tipo suspenso, de limpeza manual, completo, com carcaça de alta permeabilidade magnética com proteção contra corrosão, face magnética em aço inoxidável AISI 304, circuito magnético com ímã permanente de Ferrite de Estrôncio anisotrópico, de alta energia, e suportes em olhais de sustentação e cabos de aço.

- **Quadro elétrico,**

De comando e proteção dos motores, completo, com caixa metálica de alojamento estanque, proteção contra particulado, contatores, relés bimetálicos de sobrecarga e falta de fase, fusíveis, régua de bornes, sistema de aterramento e energização por concessionária, indicação por sinaleiros visuais, botoeiras de comando liga / desliga, comando à distância de emergência e liga/desliga para AV e PVA, sistema de intertravamento e enfição do quadro aos motores; partida compensada para motores acima de 40 CV.

- **Sistema anti-pó,**

Para controle ambiental completo, pressão regulável, conjunto moto-bomba com nebulizador spray, motor elétrico blindado trifásico, mangueiras flexíveis, microaspersores e gatilho de acionamento, para operação mínima de 8 horas, ininterruptas, sem perda de eficiência, em todos os pontos de fuga de particulado.

- **Sistema anti-ruído,**

Para controle ambiental, completo, com manta de borracha antichoque/ruído, instaladas em tremonhas de carga, bicas de transferência, calha metálica, peneira

vibratória e bicas de distribuição e revestimento externo do BI, com placas de laminado asfáltico, protegido com filme de polietileno de espessura mínima 3,0 mm.

- Estrutura metálica de sustentação,

Tipo desmontável, para conjunto AV / BI, completa com contra vento, plataformas para operação, inspeção e manutenção, guarda-corpo de segurança e escadas de acesso.

- Bicas de transferência,

Em chapa de aço, completas com sistema de acesso para limpeza/manutenção, instaladas nos seguintes pontos: AV → BI, TU → TCM, TCM → PVA e IP → descarga.

- Peneira vibratória apoiada,

Completa, com capacidade de 25 m³/h, área de peneiramento 2,5 m², motor elétrico blindado trifásico, polias e correias em V, 3 (três) decks para telas com malhas de aberturas 22, 0, 9,52 e 4,8 mm, eixo excêntrico montado em mancais com rolamentos auto-compensadores e proteção anti-pó por labirinto e tampas; contra-peso de regulagem de amplitude; lubrificação à graxa, chassis com apoios para 4 molas helicoidais e bicas de distribuição.

- Plataforma metálica,

Para operação, inspeção e manutenção do conjunto PVA, completa com guarda-corpo de segurança e escada de acesso.

2.11.2. Implantação da Usina de Reciclagem de Petrolina

A Usina de Beneficiamento de Entulho (UBE) começou a ser implantada nos primeiros meses de 2008, e em outubro do mesmo ano, estava parcialmente finalizada, restando apenas o acabamento da obra civil e ajustes na montagem mecânica.

O lay-out da usina de reciclagem está representada na Figura 2.5.

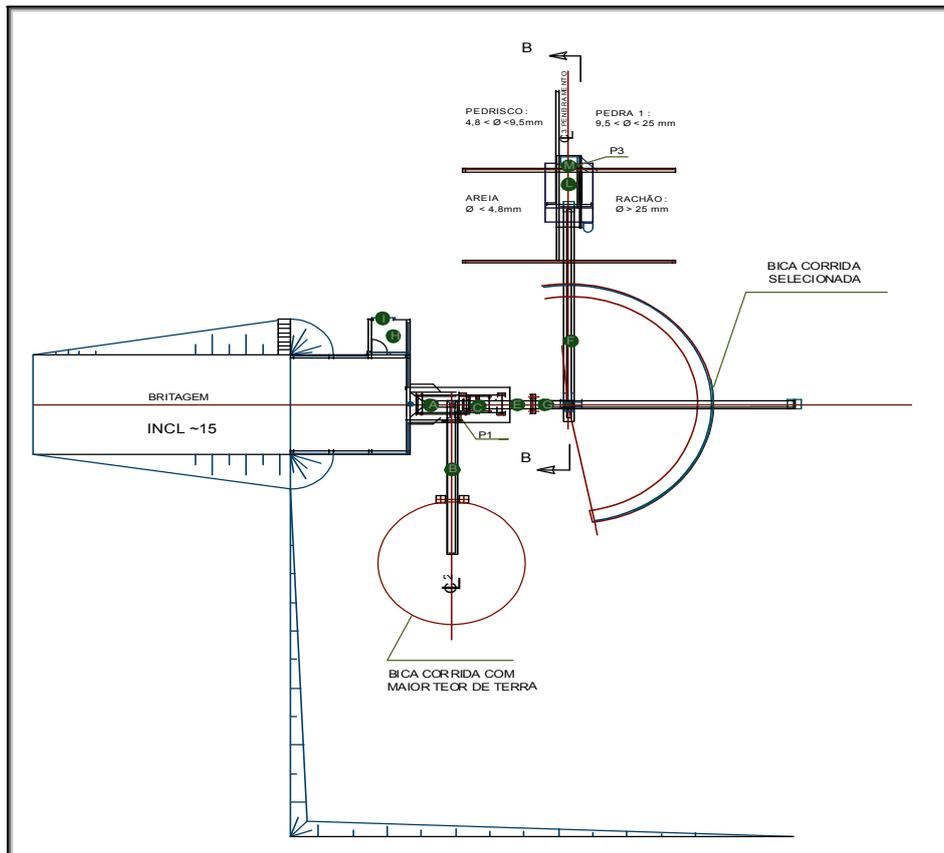


Figura 2.5 - Lay-out da usina de beneficiamento de RCD de Petrolina

A seqüência fotográfica representada pelas Figuras 2.6 a 2.11 ilustra a situação da unidade de beneficiamento em outubro de 2008.



Figura 2.6 – Vista panorâmica da fachada oeste da UBE

Fonte: CTR Petrolina



Figura 2.7 – Vista panorâmica da fachada sul da UBE

Fonte: CTR Petrolina



Figura 2.8 – Vista panorâmica da fachada leste da UBE

Fonte CTR Petrolina



Figura 2.9 – Vista panorâmica da fachada norte da UBE

Fonte CTR Petrolina



Figura 2.10 – Vista panorâmica da guarita de controle, rampa de acesso e platô de abastecimento.

Fonte: CTR Petrolina



Figura 2.11 - Vista panorâmica superior leste do alimentador vibratório, britador de impacto, transportador de correia fixo, imã e estrutura metálica de sustentação.

Fonte: CTR Petrolina

2.12. Possibilidades de Utilização do entulho reciclado

Na construção civil, são várias as possibilidades de utilização do RCD reciclado.

Apesar de determinadas limitações especialmente estruturais, o produto oriundo de RCD reciclado apresenta muitas vantagens (CORCUERA & CAVALCANTI, 2003). Os materiais reciclados são utilizados na construção de sub-base, base asfáltica, argamassas e concretos utilizados na construção civil, além da confecção de blocos, tubos de concretos e lajotas com idêntica qualidade aos confeccionados com agregados naturais.

2.12.1. Utilização em Pavimentos

Uma das formas de utilização do RCD reciclado são na pavimentação como base, sub-base ou pavimento primário na forma de brita corrida, ou ainda em misturas de resíduos com solo. É na construção de estradas que vários países da Europa utilizam os resíduos reciclados, muito embora se faça necessário alguns critérios de seleção e classificação como os observados no Quadro 2.12 (VAZQUES, 2001).

Quadro 2.14 – Produtos obtidos a partir do RCD e utilizações na pavimentação

Material Obtido	Principal Componente	Componente Secundário	Aplicação
Concreto Triturado	$\geq 80\%$ concreto com uma densidade seca maior que $2,1 \text{ t/m}^3$	$\leq 10\%$ pedra, cerâmica $\leq 5\%$ Aglomerado asfáltico	Sub-bases em qualquer tipo de estrada
Cerâmica Triturada	$\geq 85\%$ do material mineral deve ter densidade seca menor que $1,6 \text{ t/m}^3$	$\leq 15\%$ de outros materiais minerais $\leq 10\%$ aglomerado asfáltico	Sub-bases para tráficos não pesados.
Material Residual Misto Triturado	$\geq 50\%$ concreto com densidade seca maior que $2,1 \text{ t/m}^3$ $\leq 50\%$ material mineral com densidade seca menor que $1,6 \text{ t/m}^3$	$\leq 10\%$ de outros materiais minerais \leq de mistura asfáltica	Sub-bases para qualquer tipo de estradas

Fonte: VAZQUES (2001)

Segundo ZORDAN (2003), as vantagens da utilização desses resíduos devem-se ao fato de que:

- as formas de reciclagem exigiram uma menor tecnologia, o que pode baratear o custo do processo;
- permite a utilização de todos os componentes minerais do entulho (tijolos, argamassas, materiais cerâmicos, areia, pedras, etc.) não exigindo a separação de nenhum deles;
- economia de energia no processo de moagem do entulho, uma vez que, usando-o no concreto, parte do material permanece em granulometrias graúdas;
- possibilidade de uso em maior escala de entulho, inclusive aquele proveniente de demolições e pequenas obras que não suportam o investimento em equipamentos de moagem/trituração;
- maior eficiência do resíduo quando adicionado aos solos saprolíticos em relação à adição com britas (a adição de apenas 20% de entulho reciclado ao solo saprolítico dobra o suporte deste solo ao passo que para aumentar o CBR do mesmo solo com britas são necessárias dosagens a partir de 40%).

Segundo o autor, o entulho pode ser usado sozinho ou misturado ao solo devendo ser processado por britador até a obtenção da granulometria desejada. A eficiência dessa prática foi comprovada cientificamente quando utilizadas por diversas administrações municipais como São Paulo, Belo Horizonte e Ribeirão Preto.

Para ANGULO et al. (2002), a utilização do RCD como agregado em bases de pavimentos não garante uma reciclagem massiva deste resíduo, devido a dificuldade do envolvimento das empresas privadas e do consumo do mercado que só consegue consumir 50% desses resíduos.

2.12.2 - Utilização como agregado para concreto

A utilização de RCD reciclado como agregado em concreto tem grande possibilidade para uma reciclagem massiva. No entanto, sua utilização, é recomendada para concreto não estrutural podendo ser feito a partir da substituição dos agregados convencionais (areia e brita) pelo entulho reciclado. A caracterização do RCD é primordial na escolha do processo de beneficiamento (ANGULO et al., 2002). Para isso, faz-se necessárias mudanças na gestão e no processamento do RCD como demolição seletiva, redução de contaminantes, mudança no layout das instalações de reciclagem, homogeneização, processamento a úmido do RCD e emprego de novos equipamentos de concentração e de britagem.

ZORDAN (2003) cita como vantagens dessa utilização:

- a) utilização de todos os componentes minerais do entulho sem a necessidade de separação de nenhum dele;
- b) economia de energia no processo de moagem do entulho,
- c) possibilidade de um uso maior de entulho e;
- d) possibilidade de melhorias no desempenho do concreto em relação aos agregados convencionais, quando se utiliza baixo consumo de cimento. Como fator limitante cita-se a presença de faces polidas em materiais cerâmicos (pisos, azulejos, etc) que interferem negativamente na resistência à compressão do concreto produzido.

Segundo o autor, algumas prefeituras já utilizam blocos de concreto feitos com entulho. A mistura é a tradicional, com cimento e água, devendo esta em quantidade superior em função da alta absorção do entulho. Apesar das pesquisas indicarem eficiência do processo, alguns aspectos relacionados à durabilidade do concreto produzido precisam de maiores estudos.

Para BRITO et al. (2001), o agregado reciclado deve estar saturado para que o concreto que será utilizado venha apresentar resultados satisfatórios. Justifica ainda, que a resistência à compressão de concretos com entulho é aproximadamente 20% menor que o concreto convencional em certos traços utilizados.

Para o autor, apenas 50% dos resíduos analisados poderiam ser utilizados como agregados em concreto, mesmo assim sem função estrutural, ficando os 50% restantes composto por uma fração de alvenaria (cerâmicos + argamassas) maiores que 50% da massa total o que não viabilizaria a sua utilização em grande escala.

2.12.3. Utilização como Agregado em Argamassas

Várias são as vantagens da utilização do RCD reciclado como agregado de argamassa usando entulho moído na granulometria da areia.

- a) pode ser utilizado resíduo no local gerador processado por uma argamassadeira na própria obra eliminando custo com transporte;
- b) o entulho moído proporciona um efeito pozolânico;
- c) redução do consumo de cimento e da cal e;
- d) aumento de resistência de compressão das argamassas.

Estudos de desempenho da argamassa utilizando entulho demonstraram que o produto feito de entulho chega a apresentar resistência três vezes maior que a argamassa tradicional, tem excelente resistência ao arrancamento, 10% maior, além de apresentar um maior módulo de elasticidade devido à retenção de água. Segundo o engenheiro civil André Natenzon da Comercial ANVI, empresa fabricante de argamassadeiras, isto se deve a recuperação das características originais desses materiais que viraram entulho, além da geração da pozolana que vem da moagem de blocos cerâmicos. Um trabalho realizado por GRIGOLI (2001), demonstra a geração de resíduos e utilização deles no

próprio canteiro de obras em argamassas para assentamento de batentes; esquadrias e blocos cerâmicos; enchimento de rasgos na parede; degraus de escadas; chumbamentos de tubulações elétrico-hidráulicas e caixas elétricas; execução de embonecamento de tubulações; remendos e emendas em alvenarias e enchimento de rebocos internos.

Apenas um inconveniente se observa na argamassa de revestimento, devido à grande quantidade de finos presentes no entulho moído pelas argamassadeiras, a argamassa apresenta problemas de fissuração. Segundo ZORDAN (2003), este tipo de reciclagem vem sendo utilizado por várias construtoras do país que tentam solucionar através de pesquisas, alguns inconvenientes pertinentes a essa técnica. No entanto, as argamassas a base de entulho são porosas e não devem ser utilizadas como impermeabilizantes (CORCUERA & CAVALCANTI, 2003).

Observa-se ainda uma vantagem na utilização dos RCD reciclado oriundos da moagem de blocos cerâmicos, os mesmos apresentam resistência à compressão e resistência à tração em argamassa de contra piso (TURMINA e BARROS, 2001).

2.12.4. Utilização como agregado em tijolos de solo estabilizado com cimento

Em Salvador-BA estudos realizados demonstraram a possibilidade de utilizar o agregado de entulho em tijolos de solo-cimento muito embora, as características do solo e do RCD apresente-se diferente em cada local. Foi demonstrado que a proporção adequada para a fabricação de tijolos de solo-agregado reciclado-cimento com prensa manual está na faixa de 50 a 75% de agregado reciclado em substituição do solo saprolítico estudado, sendo que as demais proporções não atenderam as exigências especificadas. Portanto as proporções adequadas de RCD em relação ao solo empregado devem ser verificadas em cada caso distinto (NEVES et al., 2001).

2.12.5. Utilização como agregado na produção de blocos

Estudos desenvolvidos por CARNEIRO (2005) podem comprovar a viabilidade da utilização dos agregados provenientes da reciclagem dos RCD, na cidade de Recife – PE. Este apesar de não apresentarem função estrutural, torna-se viável se; produzidos com um percentual de substituição de agregado natural por agregado reciclado em torno de 60% e submetidos a uma vibração de 30 segundos, sobretudo pela presença de materiais cerâmicos no RCD e pela incorporação de água na mistura quando reduzido o tempo de vibração. Segundo a autora, desde que atendendo as exigências das normas técnicas, para a confecção dos blocos de alvenaria.

CAPÍTULO III – MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Experimento da Reciclagem de RCD para uso como agregados na fabricação de blocos de argamassa para alvenaria sem função estrutural

Para o desenvolvimento do trabalho experimental, foi utilizado o laboratório de materiais e técnicas construtivas - LABMATEC da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF com equipamentos de precisão e ambiente adequado. A pesquisa foi dividida em duas fases e desenvolvida baseando-se em estudos com resultados satisfatórios realizados por outros pesquisadores.

– A primeira fase consistiu de coleta, beneficiamento do RCD sob a forma de agregado reciclado e caracterização física de todos os materiais utilizados.

– A segunda foi relacionada à moldagem dos blocos e aos ensaios físico-mecânicos dos mesmos; conforme diagrama de execução da parte experimental do trabalho apresentado na Figura 3.1.



Figura 3.1 – Fluxograma: Parte experimental do trabalho

3.2. Coleta seletiva dos resíduos

Os resíduos utilizados na fabricação dos blocos de argamassa sem função estrutural foram coletados na usina de beneficiamento de entulhos na cidade de Petrolina, oriundos de obras diversas, tanto de demolição quanto de construção, em seguida foram realizadas as etapas de seleção e retirada das impurezas, como materiais metálicos, gesso, madeira, papéis, resíduos orgânicos, plásticos entre outros. A composição do resíduo pode ser visualizada nas Figuras 3.2 a e b.



a) Triagem dos RCD

b) Retirada de materiais contaminantes

Figura 3.2 - Entulhos dos RCD na usina de reciclagem

3.3. Segregação dos materiais

Os resíduos de construção e demolição (RCD) utilizados nesta pesquisa foram segregados de forma manual pelos operários da Usina de Reciclagem de Petrolina, sob a supervisão do pesquisador, por esta não dispor no momento da pesquisa de uma forma de segregação mecânica, exceto o eletro-ímã, na segregação de materiais ferrosos.

3.4. Quarteamento e Homogeneização dos materiais

Após triagem, segregação e homogeneização dos RCD, Figura 3.3 , utilizou-se o método do quarteamento dos RCD, Figura 3.4, prescrito na norma da ABNT – NBR NM 27:2001 - “Redução de Amostra de Campo de Agregados para Ensaio de Laboratório”.



a) Triagem do RCD

b) Segregação do RCD

Figura 3.3 – Triagem e Segregação de RCD na Usina de Petrolina/PE



Figura 3.4 – Quarteamento dos RCD usados para obtenção das amostras

3.5. Requisitos Segundo a ABNT NBR 15116/2004 para uso de agregados reciclados

A ABNT NBR 15116/2004 apresenta requisitos específicos para a viabilidade e o uso dos agregados de RCD reciclados em concretos e fazem exigências necessárias às mudanças em procedimentos, equipamentos, instalações de reciclagem e modelos de gestão adotados para o tratamento dispensado ao resíduo dentro e fora dos canteiros de obras. MESTERS; KURKOWSKI (1997) citado por ANGULO et al. (2002, p. 5), afirmam em sua publicação que aplicações em concretos em larga escala só serão conseguidas através de demolição seletiva, bem controlada e através de técnicas de processamento mineral em que se possa permitir processar resíduos mais heterogêneos.

A Tabela 3.1 apresenta os critérios adotados segundo a norma, para o preparo do concreto sem função estrutural.

Tabela 3.1 – Requisitos para agregado reciclado destinado ao preparo de concreto sem função estrutural.

Propriedades	Agregado Reciclado Classe A			
	ARC ²		ARM ³	
	Graúdo	Miúdo	Graúdo	Miúdo
Teor de fragmentos à base de cimento e rocha (%)	≥ 90	-	<90	-
Absorção de água (%)	≤ 7	≤ 12	≤ 12	≤ 17
Contaminantes-teores Máximos em relação à Massa do agregado Reciclado (%)	Cloretos		1	
	Sulfatos		1	
	Materiais não minerais ¹		2	
	Torrões de argila		2	
	Teor máximo de contaminantes		3	
Teor de material passante na malha 75µm (%)	≤ 10	≤ 15	≤ 10	≤ 20

Fonte: ABNT NBR 15116: 2004.

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

(2) Agregado de resíduo de concreto: É o agregado obtido do beneficiamento de resíduo pertencente à classe A, composto na sua fração graúda, de no mínimo 90% em massa de fragmentos à base de cimento Portland e rochas.

(3) Agregado de resíduo misto: É o agregado obtido do beneficiamento de resíduo pertencente à classe A, composto na sua fração graúda, com menos de 90% em massa de fragmentos à base de cimento Portland e rochas.

3.6. Caracterização do RCD

No processo de caracterização dos materiais utilizados para a fabricação dos blocos de argamassa sem função estrutural foi selecionada uma amostra de 250 kg provenientes de RCD na usina de reciclagem de Petrolina que teriam sido depositadas pelas empresas de obras de construção e de demolição da cidade.

A seguir, ainda na usina de reciclagem, através do processo de quarteamento, as amostras foram selecionadas de acordo com sua composição (rochas, concreto, argamassas, areia e material cerâmico) e encaminhadas já trituradas e homogeneizadas em granulometria de dimensão máxima característica igual a 2,36mm ao laboratório de materiais de construção da UNIVASF, por ser esta a dimensão utilizada na fabricação de blocos com agregados miúdos na região de Petrolina.

3.7. Ensaios de Caracterização dos RCD Reciclados

Para o experimento, foram coletados os agregados miúdos reciclados e agregados miúdos naturais, usados em blocos comerciais da região passante na peneira de abertura ($\emptyset < 4,8$ mm) com a finalidade de serem utilizados na moldagem dos blocos e nos ensaios físico-mecânicos para a produção do concreto produzido com 100% de agregado reciclado e 50% reciclado/natural, Figura 3.5. Para isso, foram feitos estudo de composição granulométrica, ensaios de massa específica, massa unitária, teor de materiais pulverulentos, seguindo as recomendações da ABNT; Quadro 3.1.



(a) agregado reciclado

(b) agregado natural

Figura 3.5 – Amostra de agregados reciclados e agregados naturais

Quadro 3.1 - Ensaios de caracterização do agregado

Material	Ensaio	Norma ABNT
Agregado Miúdo/reciclado	Granulometria	NBR 7181:1984
	Teor de materiais pulverulentos	NBR NM 46:2003
	Massa Unitária	NBR NM 45:2003
	Massa Específica	NBR NM 52:2003
Cimento Portland	Tempo de Pega: início e fim	NBR 11581
	Massa Específica Real	NBR NM 23/98
	Resistência à Compressão	NBR 7215
	Composição Química	NBR 05742
	Finura: resíduo na peneira 0,075 mm	NBR 11579
	Superfície Específica: Blaine	NBR NM 76/98

3.7.1. Ensaio de composição Granulométrica no agregado miúdo reciclado

Segundo autores como (BAZUCO, 1999; BANTHIA e CHAN, 2000), os agregados reciclados, tanto miúdos quanto graúdo, tendem a uma composição granulométrica um pouco mais grossa que os agregados naturais, resultando em um módulo de finura um pouco maior. O tipo e a granulometria do resíduo, o britador e suas regulagens internas influenciam consideravelmente a granulometria final dos agregados reciclados produzidos.

Para o ensaio granulométrico do agregado miúdo reciclado seguindo orientações da Norma NBR ABNT 7181:1984, foram usadas as peneira da série normal com abertura inferiores a 4,8mm, usando peneiramento elétrico e pesagem do material em balança eletrônica marca Digimed com precisão de 0,1g, conforme pode ser observado na Figura 3.6. a e b.



a) Peneiramento da amostra do AMR



b) Pesagem do AMR

Figura 3.6 - peneiramento e pesagem das amostras

3.7.2 - Ensaio de Material Pulverulento do Agregado miúdo natural-Arcia

Este ensaio foi realizado, segundo a norma ABNT NBR NM 46:2003, que estabelece o método para a determinação por lavagem, em agregados, da quantidade de material mais fino que a abertura de malha da peneira de 75 μm . As partículas de argila e outros materiais que se dispersam por lavagem, assim como materiais solúveis em

água, serão removidos do agregado durante o ensaio. O percentual de material pulverulento foi calculado pela equação (1):

$$\% \text{material pulverulento} = \frac{(m_i - m_f) \times 100}{m_f}$$

onde, m_i é a massa inicial do agregado
 m_f , massa final.

Equação (1)- Determinação do teor de materiais pulverulentos
 Fonte: ABNT NBR NM 46:2003

3.7.3. Ensaio de massa unitária no estado solto do agregado miúdo reciclado

De acordo com a Norma ABNT NM 45:2006 que oferece subsídios para a determinação da densidade a granel e do volume de vazios de agregados miúdos, graúdos ou de mistura dos dois, em estado compactado ou solto, foi utilizado no ensaio balde metálico graduado e balança com precisão de 0,1g.



a) Ensaio de massa unitária
 Figura 3.7 – Tara e pesagem do material

b) Pesagem do material

3.7.4. Ensaio de Massa Específica do Agregado Miúdo Reciclado

Para o ensaio de massa específica do agregado miúdo reciclado, não foi possível a utilização do frasco de Chapman conforme estabelece a norma ABNT NM 52:2003, pela inexistência do mesmo no LABMATEC. Optou-se então, pelo método do picnômetro. Figura 3.8 a e b.



a) Picnômetro e bomba de vácuo

b) Pesagem da massa + água + recipiente

Figura 3.8 – processo de vácuo e pesagem da amostra

3.7.5. Ensaio de Absorção dos agregados reciclados

Os ensaios de absorção foram executado através da norma ABNT NBR NM 30:2001, que prescreve os “Procedimentos adotados para os cálculos de determinação da absorção de água em agregados miúdos na condição saturada superfície seca com fins destinados ao uso em concreto” e pela norma NBR NM 53:2009 “Prescrição dos métodos utilizados para determinação da absorção e da massa específica nas condições seca e saturada superfície seca de agregado graúdo natural ou artificial, visando sua aplicação nos estudos de dosagem e produção de concreto”.

3.7.6. Ensaio de Absorção dos blocos

Para os ensaios de absorção dos blocos produzidos com material reciclado e natural, utilizou-se a ABNT NBR 12118/2007- “especificação dos métodos de ensaio para análise dimensional e determinação da absorção de água, da área líquida, da resistência à compressão e da retração por secagem, em blocos vazados de concreto simples para alvenaria”. Para cada lote de 6 blocos (0, 25, 50, 75 e 100%) de

substituição de agregados natural por reciclados e idade de 7, 14 e 28 dias, com ensaio de absorção na idade de 28 dias em 3 blocos.

3.7.7. Ensaio de Resistência à compressão simples

Os ensaios de resistência à compressão foram realizados seguindo a norma da ABNT NBR 6136:2007 – “Fixa as características exigíveis no recebimento de blocos vazados de concreto simples, destinados à execução de alvenaria sem função estrutural”. É importante a caracterização desta resistência para a utilização do concreto na construção civil, para isso, os ensaios foram realizados pré-estabelecendo-se as idades de controle para 7, 14 e 28 dias da data da produção dos blocos, considerando um lote de 6 (seis) blocos para cada uma das idades e tempo de vibração de 1 minuto. Para o ensaio de resistência à compressão, foi usado uma prensa servohidráulica com capacidade de 100 toneladas e velocidade carregamento de 0,05 KN/segundo, Figura 3.9.



Figura 3.9- Prensa Hidráulica

3.8. Materiais usados na fabricação de blocos sem função estrutural

Na fase de desenvolvimento experimental, os materiais, procedimentos e parâmetros para a produção dos blocos, foram desenvolvidos tomando como base estudos e experiências de pesquisadores como OLIVEIRA (2003) e CARNEIRO (2005).

Os materiais utilizados foram:

- Cimento Portland do tipo CPII Z 32 resistente ao sulfato – RS;
- Agregados naturais;
- Agregados reciclado de RCD, apresentando em sua composição apenas resíduos cerâmicos, concreto, argamassas e pedras e de granulometria próxima da mistura areia/pó-de-pedra;
- Água Potável.

Para a argamassa utilizada na fabricação de blocos de alvenaria sem função estrutural, a relação aglomerante/agregado e a composição granulométrica desta pesquisa, foi considerada também uma constante. Utilizou-se o traço 1:6 (aglomerante/agregado) e considerou-se a granulometria do agregado miúdo reciclado de RCD próximo do agregado natural respeitando a comercialização da região. Após o beneficiamento dos materiais, os mesmos foram armazenados em sacos plásticos para evitar contaminação. Figura 3.10.



Figura 3.10 - Armazenamento dos materiais reciclados

3.9. Processo de Fabricação dos Blocos

Para a confecção dos blocos a partir de RCD beneficiado, inicialmente o trabalho experimental visa atender as exigências mínimas quanto à absorção de água e de resistência à compressão. Os blocos fabricados apresentam dimensões 9x19x39cm, pois nestas dimensões são comercializados na região, e tiveram percentuais de substituição dos agregados naturais pelos reciclados de 0, 25, 50, 75 e 100%. Durante os procedimentos de preparação dos blocos toda a atenção foi dada quanto à homogeneização dos materiais, levando-se em consideração, especialmente, a colocação dos mesmos na betoneira, com a finalidade de tornar este o mais próximo possível do tratamento dispensado aos agregados naturais.

Após a preparação da mistura, houve o preenchimento das fôrmas e compactação manual com oito golpes de pá de base quadrada por bloco, a uma altura média de 20 cm. Em seguida procedeu-se a vibração do primeiro lote de 33 blocos usando mesa vibratória no tempo de 1 minuto, ocorrendo em seguida a desmoldagem. Os blocos foram cobertos com uma lona plástica por um período de 12 horas para evitar perda de água, sendo transferido após esse processo para a câmara úmida, permanecendo por um período de 24 horas, a uma temperatura de 27 °C e umidade

relativa do ar 96%. Após este período, os mesmos foram transferidos para um tanque de imersão, permanecendo submersos pelo tempo estabelecido para a ruptura dos primeiro lotes em suas respectivas idades. Esses procedimentos foram aplicados a todas as séries de substituição de agregados naturais por reciclados, em todos os blocos ensaiados.

Em seguida, para cada lote de 6 blocos confeccionados e capeados com pasta de cimento e água (Figura 3.11 a e b), executava-se o procedimento de ruptura dos mesmos através do ensaio de resistência à compressão com idades de 7, 14 e 28 dias seguindo o que estabelece a norma ABNT NBR – 12118:2007.



a) Preparação da Pasta de cimento



b) Blocos de argamassa Capeados

Figura 3.11 – Capeamento dos Blocos de argamassa

3.10 Fluxograma de ruptura dos blocos

Os blocos objetos desta pesquisa foram confeccionados e rompidos em suas respectivas idades e percentuais de substituições conforme fluxograma.

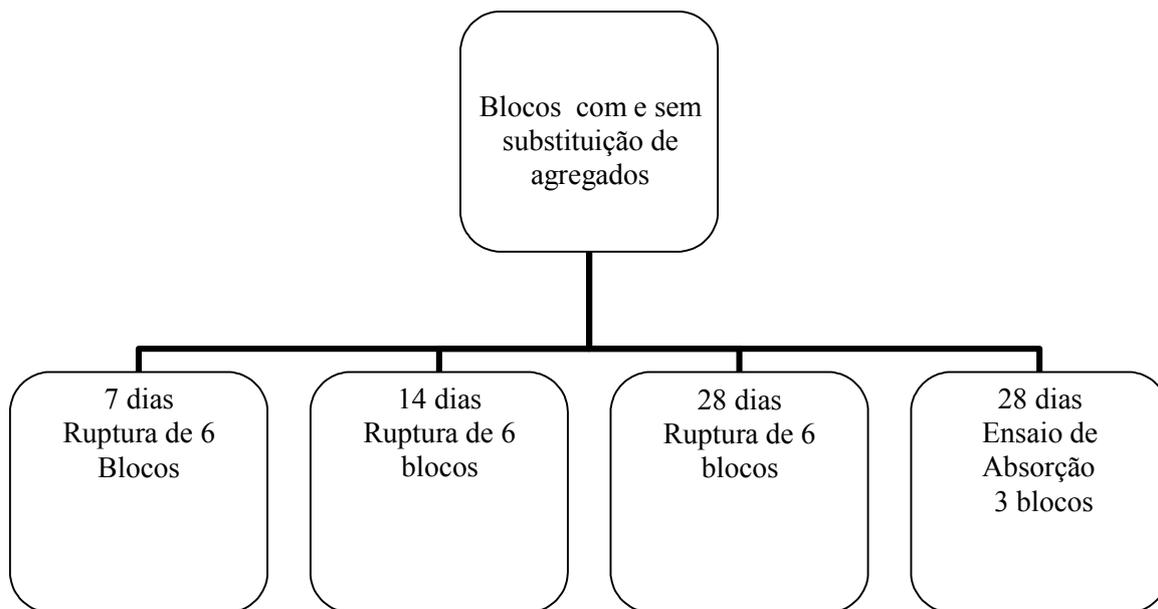


Figura 3.12 – Fluxograma de ruptura dos blocos

CAPÍTULO IV – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados para as séries de estudos previstos no capítulo anterior, tais como composição da fração pétreo do RCD, composição gravimétrica dos agregados usados na fabricação dos blocos, caracterização física dos agregados reciclados e naturais, miúdos e graúdos, massa específica, massa unitária, absorção, resistência à compressão dos blocos objeto deste estudo, levando-se em consideração as dosagens escolhidas para ensaio e lote de blocos em suas respectivas idades de cura.

4.1. Composição da fração pétreo do RCD na amostra.

Na composição da fração pétreo do RCD utilizado na fabricação dos blocos de argamassa sem função estrutural, o material cerâmico apresenta-se com maior percentual (35,5%) em relação aos demais, conforme apresentado do quadro 4.1, resultado de uma amostra média.

Quadro 4.1- Composição da fração pétreo do RCD na amostra.

Material	Amostra 1(%)	Amostra 2(%)	Valor Médio(%)
Argamassa	24,7	22,5	23,6
Concreto	15,3	13,98	14,64
Material cerâmico	33,7	37,3	35,5
Rochas	13,77	14,43	14,1
Areia	7,56	8,44	8,0
Outros	4,97	3,35	4,16
Total	100	100	100

Esta composição foi obtida por um valor médio de duas amostras de RCD.

4.2. Composição Gravimétrica dos RCD utilizados na fabricação de blocos

A Figura 4.1 apresenta em termos percentuais a participação de cada material na composição média da amostra coletada para a confecção dos blocos.

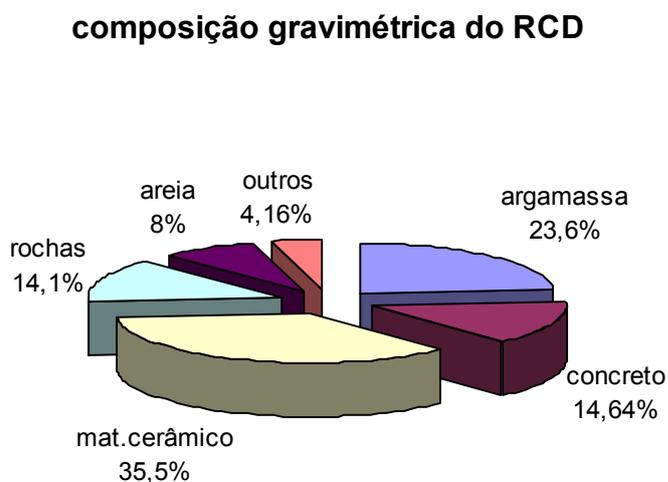


Figura 4.1 - Composição dos RCD utilizado como insumo na fabricação de blocos

4.3. Ensaio de composição Granulométrica no agregado miúdo reciclado (AMR)

O Quadro 4.2 apresenta os resultados do ensaio de composição granulométrica do agregado miúdo reciclado (AMR) coletado na usina de reciclagem de Petrolina para fins de confecção dos blocos que serviram de estudo deste trabalho.

Quadro 4.2 - Composição Granulométrica do agregado miúdo reciclado (AMR)

GRANULOMETRIA						
Peneiras ABNT(mm)	Massa retida (g)		% retida individual			%retida acumulada
	M1	M2	M1	M2	Md	
4,8	0	0	0	0	0	0
2,36	51,6	50,6	10,31	10,11	10,21	10,21
1,2	60,0	64,4	11,99	12,87	12,43	22,64
0,6	84,5	78,5	16,89	15,69	16,29	38,93
0,3	90,8	93,3	18,15	18,65	18,40	57,33
0,15	104,5	108,4	20,89	21,67	21,28	78,61
Resto	108,6	104,8	21,77	21,01	21,39	100,00
Legenda	M1- Massa em gramas e percentual da amostra 1; M2 – massa em gramas e percentual da amostra 2; Md – média das amostras M1 e M2 em percentual					

O Quadro 4.3 descreve a composição granulométrica do agregado Pó-de-pedra utilizado usualmente como componente na fabricação de blocos de cimento usado na região de Petrolina, que segundo relato de produtores locais, o material costuma baratear o custo final do bloco produzido além de ser um produto considerado refugo na pedreira, por ocasião do beneficiamento da extração da pedra bruta. Tal material apresenta em sua composição teor de material pulverulento da ordem de 12,99 %, ou seja, 7,99% a mais do que se prevê como limite máximo de 5% conforme prescrição da norma ABNT NM 46: 2003.

Quadro 4.3 - Composição Granulométrica do agregado Pó-de-pedra

GRANULOMETRIA						
Peneiras ABNT(mm)	Massa retida (g)		% retida individual			% retida acumulada
	M1	M2	M1	M2	Md	
4,8	4,5	5,3	0,9	1,05	0,97	0,97
2,36	68,4	56,9	13,68	11,37	12,52	13,49
1,2	80,2	69,6	16,04	13,91	14,98	28,47
0,6	90,3	95,2	18,06	19,03	18,54	47,01
0,3	84,0	91,3	16,80	18,25	17,52	64,53
0,15	66,2	78,2	13,24	15,63	14,43	78,96
Resto	106,4	103,5	21,28	20,76	21,04	100,00
Legenda	M1- Massa em gramas e percentual da amostra 1; M2 – massa em gramas e percentual da amostra 2; Md – média das amostras M1 e M2 em percentual					

No Quadro 4.4, conforme composição granulométrica apresentada, trata-se de uma areia que apresenta uma dimensão máxima característica de 2,36 mm, seu módulo de finura 0,93, soma das percentagens acumuladas nas peneiras 0,15 mm e 0,30 mm, com percentual em torno de 55,46%, cujas características objetiva garantir um melhor acabamento na superfície dos blocos, atendendo normatização ABNT NM 248:2003.

Quadro 4.4 - Composição Granulométrica do agregado Miúdo natural-Areia

GRANULOMETRIA						
Peneiras ABNT(mm)	Massa retida (g)		% retida individual			% retida acumulada
	M1	M2	M1	M2	Md	
4,8	0	0	0	0	0	0
2,36	2	3,8	0,40	0,76	0,58	0,58
1,2	7,3	6,6	1,47	1,33	1,4	1,98
0,6	27,8	25,2	5,57	5,05	5,31	7,29
0,3	69,9	64,9	13,98	12,98	13,48	20,77
0,15	211,4	208,5	42,27	41,69	41,98	62,75
Resto	181,6	191,0	36,31	38,19	37,25	100,00
Legenda	M1- Massa em gramas e percentual da amostra 1; M2 – massa em gramas e percentual da amostra 2; Md – média das amostras M1 e M2 em percentual					

Nota-se na Figura 4.2 um comportamento granulométrico apresentando características similares entre o agregado miúdo reciclado e o agregado pó-de-pedra, uma vez que as curvas apresentadas individualmente de cada um possuem curvaturas com certa identidade a partir do material passante na peneira 0,3 mm.

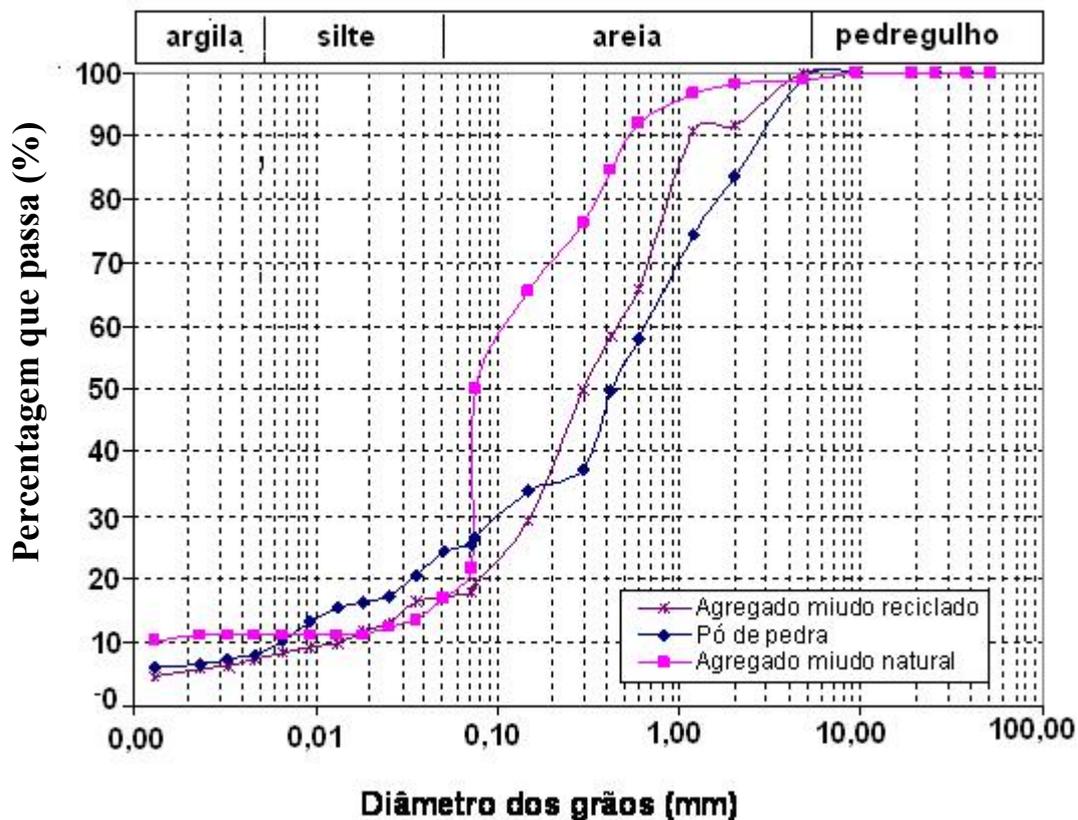


Figura 4.2 - Curva Granulométrica geral dos agregados utilizados na fundição dos blocos

A curva granulométrica individual do agregado miúdo reciclado mostrado na Figura 4.3 apresenta os maiores valores de materiais passantes nas peneiras de 2,36 mm a 0,3 mm, com destaque para o percentual de 89% passante na peneira 2,36mm.

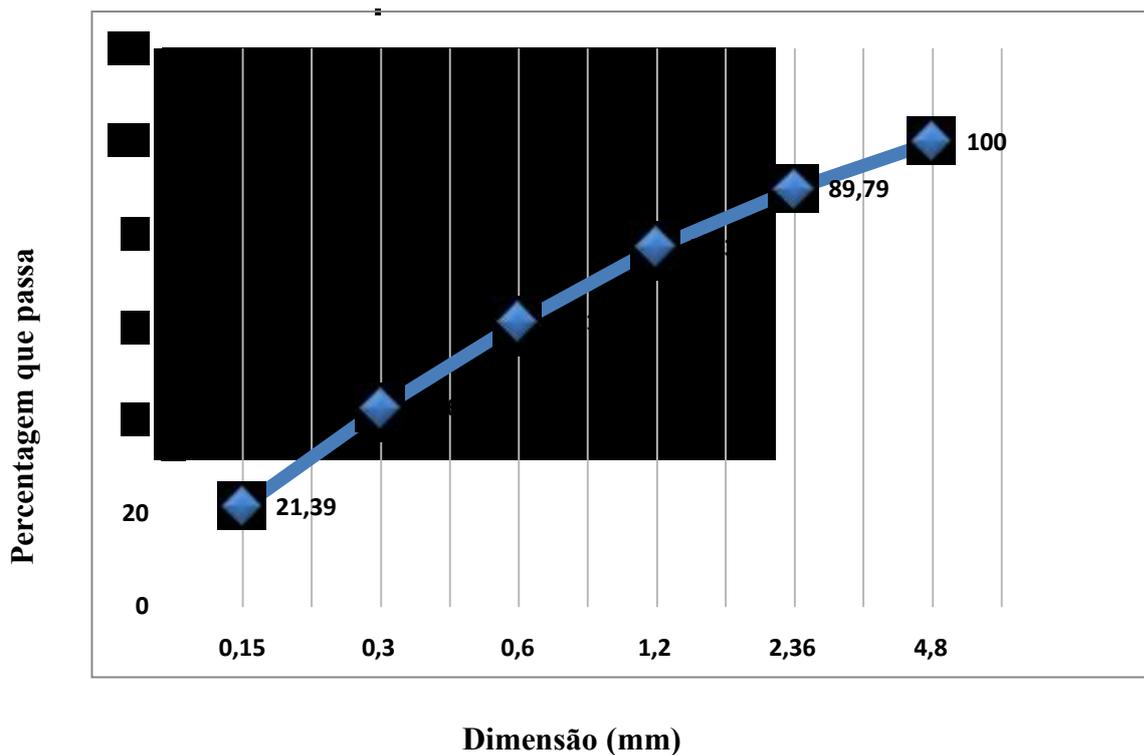


Figura 4.3 - Curva Granulométrica do agregado miúdo reciclado

No que se refere aos valores encontrados para a dimensão máxima característica e módulo de finura, Quadro 4.5, para os agregados miúdos naturais e reciclados apresentados em trabalho literário de autores como Lintz, Simonetti, (2008), podem ser comparados com os apresentados pelo autor do presente trabalho no Quadro 4.6 com proximidades de valores nos mesmos materiais estudados.

Quadro 4.5: Caracterização Física dos Agregados.

Material	Massa específica (Kg/dm ³)	Massa unitária (Kg/dm ³)	Dimensão máxima característica (mm)	Módulo de Finura	Classificação granulo-Métrica
agregado miúdo natural	2,62	1,47	2,4	1,93	Zona 2 - areia fina
Agregado miúdo natural	2,90	1,63	4,8	2,74	Zona 3 – areia média
Agregado graúdo natural	2,86	1,64	9,5	6,67	Brita 0
Agregado miúdo reciclado	2,34	1,33	4,8	2,38	Zona 3 – areia reciclada média
Agregado graúdo reciclado	2,55	1,46	9,5	3,36	Brita-0 reciclada

Fonte: R. C. C. Lintz, F. C. Simonetti (2008)

No que se refere ao teor de materiais pulverulentos da mesma amostra, o percentual de 10,09% encontrado na pesquisa situa-se dentro dos limites estabelecidos pela norma ABNT NBR 15116:2004, Quadro 4.6. Este valor pode ser minimizado por meio de uma lavagem para uso como agregado miúdo na mistura em concretos.

Quadro 4.6 - Caracterização física dos agregados usados na fabricação de blocos em Petrolina

Material	Dimensão máxima característica(mm)	Módulo de finura	Teor de materias pulverulentos(%)
agregado miúdo reciclado	2,36	2,08	10,09
agregado miúdo natural	2,36	0,93	12,99
pó de pedra	4,8	2,28	12,99

4.4. Ensaio de massa unitária no estado solto do agregado miúdo reciclado

CARNEIRO et al. (2000), em trabalho de caracterização do agregado miúdo e gráudo reciclado obteve valores para a massa unitária de 1,30 e 1,07 kg/dm³ para o agregado miúdo e gráudo, respectivamente.

Analisando os dados provenientes dos ensaios de caracterização realizados por este autor, pôde-se observar que os agregados naturais possuem maiores massas específicas e unitárias que os agregados reciclados, Quadro 4.7, confirmando os resultados encontrados na literatura.

4.5. Ensaio de Massa Específica do Agregado Miúdo Reciclado e natural

É consenso que a massa específica dos agregados reciclados geralmente apresenta valores um pouco menor que os apresentados pelos agregados naturais utilizados na produção de concretos, Quadro 4.7.

Valores de massa específica dos agregados miúdo e gráudos da ordem de 2,59 kg/dm³ e 2,19 kg/dm³, respectivamente, foram obtidos em trabalho de caracterização por CARNEIRO et al. (2000).

No ensaio para determinação da massa específica de um agregado miúdo usando o frasco de Chapman também podem ocorrer erros na determinação dessa massa específica do material, caso não haja o cuidado de retirar a maior parte do ar desprendido pelo material poroso quando o mesmo entra em contato com a água, e o espaço que deveria estar ocupado por material e água, estaria ocupado também por bolhas de ar aprisionado. Em virtude deste fato, deve haver muito cuidado durante a execução dos ensaios de caracterização de novos materiais, inclusive se deve levar em consideração certas limitações no uso de normas e procedimentos de ensaio. Faz-se necessário às vezes, considerar a utilização, ou mesmo, o desenvolvimento de outros

métodos de quantificação para determinadas propriedades dos materiais reciclados (LEITE, 2001).

Quadro 4.7 - Massa específica e unitária do agregado miúdo reciclado e natural no estado solto

Agregado	Massa específica (Kg/dm³)	Massa unitária (Kg/dm³)
Miúdo Reciclado	2,52	1,34
Miúdo Natural	2,88	1,59

4.6. Ensaio de Material Pulverulento do Agregado miúdo natural e reciclado

A determinação do teor de materiais pulverulentos presentes nos agregados miúdos é caracterizado pela quantidade de partículas com diâmetro inferior ao furo da peneira de malha número 200, furo quadrado de 0,075 mm de lado conforme preconiza a norma ABNT NBR NM 46:2003, e ABNT NBR 15116:2004 contidas no agregado miúdo. Os materiais pulverulentos são partículas minerais, inclusive as partículas solúveis em água, presentes no agregado miúdo. Partículas finas até o limite recomendado pela norma, auxiliam no preenchimento dos vazios da areia da argamassa que facilita o envolvimento da areia pelo cimento. Por outro lado, em excesso, estas envolvem as partículas do cimento, causando prejuízo às propriedades do concreto. O excesso de materiais pulverulentos exige adição de uma quantidade maior de água para hidratação do cimento aumentando a quantidade de vazios e conseqüentemente queda na resistência mecânica e durabilidade dos concretos produzidos.

Os dados obtidos referentes à aplicação das referidas normas podem ser observados no Quadro 4.8, mostrando resultado inferior ao que prescreve as mesmas como limite máximo, caracterizando um material de boa qualidade para uso na preparação de concretos.

Quadro 4.8 - Teor de material pulverulento da areia natural e agregado reciclado

Material	Teor de materiais pulverulentos (%)	
	Limite máximo	Resultado
Areia natural	6,5 ⁽¹⁾	0,08
Agregado miúdo reciclado	20 ⁽²⁾	10,09

(1) limite (%) Norma ABNT NBR NM 46

(2) limite(%) Norma ABNT NBR 15116:2004

4.7. Ensaio de Absorção dos blocos

Para a obtenção dos dados relativos à absorção dos blocos produzidos, tomou-se como diretriz o prescrito na norma ABNT NBR 15116/2004 para cada série e idade (28 dias) estudada. Os resultados foram obtidos a partir de blocos inteiros de dimensões 9x19x39 cm, cujos valores encontram-se descritos no Quadro 4.9.

De acordo com a norma da ABNT NBR 6136:2006 – “Blocos Vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural”, os blocos de concreto sem função estrutural devem apresentar resultados de absorção de água sempre inferiores a 10%.

Leite (2001) afirma que os agregados naturais normalmente utilizados nas misturas de concreto, a taxa de absorção do material geralmente tem índices muito baixos e sua influência para produção de concretos convencionais não é considerada, mesmo para os agregados miúdos normalmente utilizados, cujos valores de taxa de absorção variam de 1 a 2,5 %. O efeito da absorção geralmente não é considerado, pois o processo se dá de forma mais lenta devido à baixa porosidade dos materiais comumente utilizados. Entretanto, quando se utiliza agregados mais porosos, como é o caso dos agregados reciclados, cuidados devem ser tomados para minimizar os efeitos de absorção, e sua quantificação merece atenção especial.

As normas para determinação das taxas de absorção dos agregados naturais miúdos e graúdos são a ANBT NBR NM 30:2001 e a ABNT NBR NM 53:2009, respectivamente. Todavia, o uso destas normas para determinação da taxa de absorção dos agregados reciclados foi dificultado devido à alta porosidade do material e a possibilidade de perda de material por desagregação do agregado graúdo e por causa da grande quantidade de finos apresentada pelo agregado miúdo. Secar superficialmente o agregado graúdo poderia incorrer em perda do material, e no caso do agregado miúdo, que apresenta partículas muito finas, haveria uma coesão muito forte entre os grãos, dificultando a determinação da condição saturada superfície seca. Além disso, poderia ocorrer uma separação do material muito fino quando o agregado fosse completamente submerso em água, como prescreve a norma para agregado miúdo.

Dados médios de absorção de água em agregados reciclados publicados por Leite (2001) podem ser observados no Quadro 4.9 e servirem como parâmetro para nortear trabalhos em que se necessite dessas informações na produção de concretos, usando tanto o agregado miúdo quanto o agregado graúdo reciclados.

Quadro 4.9 – Resultados do ensaio de absorção dos agregados miúdo e graúdo reciclados.

	AGREGADOS RECICLADOS			
	Miúdo		Graúdo	
	Seco	Submerso	Seco	Submerso
Absorção(%)	6,0	11,2	3,6	6,3
Absorção média (%)	8,60		4,95	

Fonte: Leite, M.B (2001)

No Quadro 4.10 são apresentados os resultados encontrados para o ensaio de absorção de água dos blocos confeccionados com suas respectivas substituições de agregados naturais por agregados reciclados. Pode-se observar valores diferenciados entre os blocos confeccionados com agregados naturais e os de agregados reciclados, onde os blocos com teor de 100% de agregados reciclados apresentam uma taxa de absorção em

relação ao bloco com agregados naturais , significativamente superior, justificando a alta taxa de absorção dos materiais reciclados e um percentual maior de vazios nas peças analisadas. Na composição e confecção dos blocos com 100% de agregado miúdo reciclado (AMR), há um percentual de argamassa com material cerâmico totalizando juntos uns percentuais em torno de 60% em sua composição, o que pode ter influenciado na aproximação dos percentuais ao limite da taxa de absorção, estando mesmo assim em consonância com o que prescreve a norma ABNT NBR 15116:2004.

O Quadro 4.11, descrito pela ABNT NBR 15116:2004, mostra os valores limites de absorção toleráveis comuns para blocos confeccionados com agregados reciclados mistos com classe de empregabilidade na construção civil sem função estrutural e norteia parâmetros comparativos com os resultados obtidos nos ensaios da presente pesquisa. Quadro 4.10.

Quanto aos valores de absorção encontrados na pesquisa com os blocos confeccionados com teores de agregados reciclados de 25, 50, 75 e 100%, (Quadro 4.10) pode-se afirmar que os blocos analisados estão em conformidade com a norma ABNT NBR 15116:2004 “Agregados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural- Requisitos”, cuja norma prevê percentual menor ou igual a 17%. (Quadro 4.11).

Quadro 4.10 - Resultados médios de absorção de água nos blocos

Característica do Bloco	Absorção (%)
	Idade = 28 dias
Bloco com 100% AMN	8,08
Bloco com 25% AMR + 75% AMN	10,52
Bloco com 50% AMR+ 50% AMN	12,32
Bloco com 75% AMR + 25% AMN	15,44
Bloco com 100% AMR	15,59

Legenda: AMR- agregado miúdo reciclado; AMN- agregado miúdo natural

A curva da Figura 4.4 apresenta os percentuais de absorção de água nos blocos de argamassa sem função estrutural aos 28 dias de cura, com destaque para o aumento de absorção acentuado a partir da substituição de 50% do agregado natural por agregado reciclado.

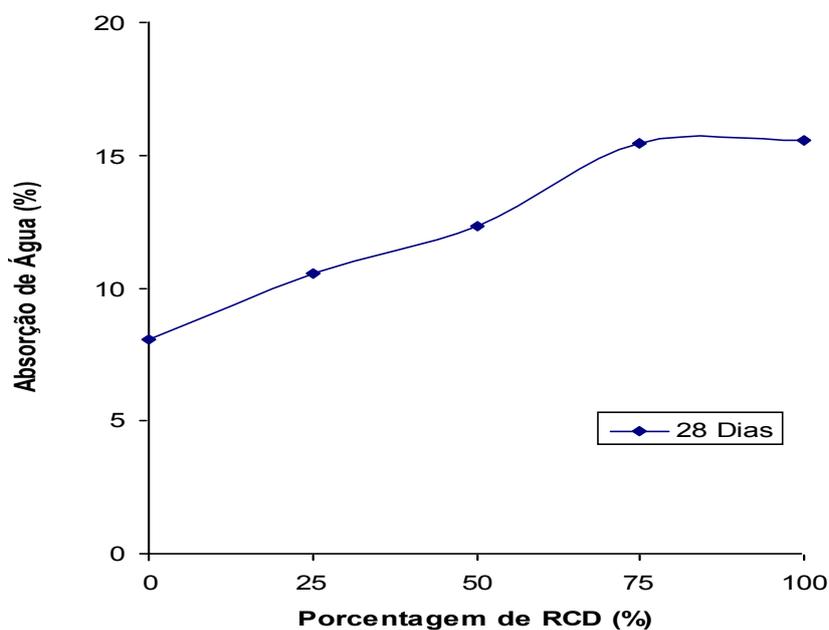


Figura 4.4 – Curva Característica de Absorção de água nos Blocos de argamassa

Quadro 4.11 - Requisitos para agregado reciclado destinado ao preparo de concreto sem função estrutural.

Propriedades	Agregado reciclado classe A				Normas de ensaios	
	ARC		ARM			
	Graúdo	Miúdo	Graúdo	Miúdo	Agregado graúdo	Agregado Miúdo
Teor de fragmentos à base de cimento e rochas (%)	≥ 90	-	< 90	-	Anexo A	-
Absorção de água (%)	≤ 7	≤ 12	≤ 12	≤ 17	ABNT NBR NM 53	ABNT NBR NM 30
Contaminantes - teores máximos em relação à massa do agregado reciclado (%)	Cloretos	1		ABNT NBR 9917		
	Sulfatos	1		ABNT NBR 9917		
	Materiais não minerais ¹⁾	2		Anexo A	Anexo B	
	Torrões de argila	2		ABNT NBR 7218		
	Teor máximo de materiais contaminantes	3		-		
Teor de material passante na malha 75 μ m (%)	≤ 10	≤ 15	≤ 10	≤ 20	ABNT NBR NM 46	
1) Para efeito desta norma, são exemplos de materiais não minerais: madeira, plásticos, betume, materiais carbonizados, vidros e vidrados cerâmicos.						

Fonte: ABNT NBR 15116:2004

4. 8. Ensaio de resistência à compressão simples com blocos de RCD

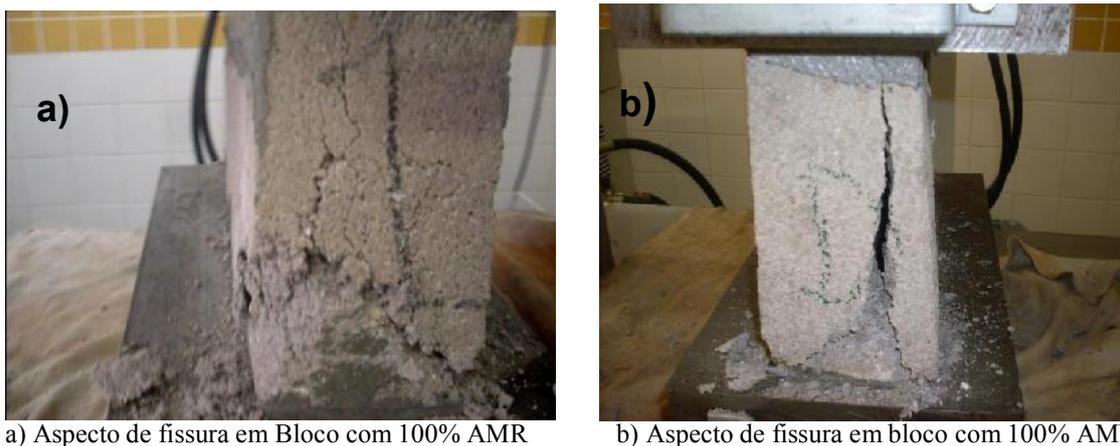
A caracterização da resistência estrutural é usualmente realizada pelo rompimento de corpos de prova e segue a NBR 6136:2007. Tais corpos de prova usados nos ensaios foram constituídos de blocos de dimensões 9x19x39cm e rompidos no laboratório LABMATEC- Laboratório de Materiais e Técnicas Construtivas da UNIVASF – Universidade do Vale do São Francisco. A caracterização desta resistência é importante para a utilização de bloco na construção civil.

Para que o bloco possa apresentar característica de vedação, deve apresentar resistência de 2,0 MPA individual e 2,5 MPA para a média. Em função desta característica foi elaborado um “traço base” (1:6) (1 parte de cimento para 6 partes de agregado natural), fator a/c igual a 0,60; que foi utilizado para servir de referência com os traços elaborados com a substituição por agregados reciclados.

Para a verificação da resistência dos blocos produzidos com agregados reciclados de RCD e agregado natural, foi utilizado o ensaio de compressão simples com rompimento aos 7, 14 e 28 dias da data de produção.

No ensaio de compressão simples, Figura 4.4 (mostra da fissura), o bloco foi colocado em uma prensa entre pratos de aço de massa igual a 37 kg e então comprimido até seu rompimento. A prensa determinou a carga de ruptura e com este dado foi calculada a resistência do bloco.

O rompimento dos corpos-de-prova foi realizado em uma máquina servohidráulica, versão V 1.62 capacidade de 100 toneladas de classificação conforme norma brasileira NBR NM ISO 7500 – CLASSE 1 (ABNT, 2004).



a) Aspecto de fissura em Bloco com 100% AMR

b) Aspecto de fissura em bloco com 100% AMN

Figura 4.5 – Fissura em bloco após ruptura à compressão axial

Quanto às resistências à compressão dos blocos de concreto, a NBR 6136:2007 classifica os blocos de concreto simples para alvenaria, em quatro classes conforme pode ser observado no Quadro 4.12.

Quadro 4.12 - Requisitos para resistência característica à compressão

Classe	Resistência Característica (f_{bk}) MPa
A	$\geq 6,0$
B	$\geq 4,0$
C	$\geq 3,0$
D	$\geq 2,0$

Fonte: NBR 6136:2007.

Classe A – Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo;

Classe B – Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo;

Classe C – Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.

Classe D – Sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.

Nota: Recomenda-se o uso de blocos com função estrutural classe C designados M 10 para edificações de no máximo um pavimento, os designados M 12,5 para edificações de no máximo dois pavimentos e os designados de M 15 e M 20, para edificações maiores.

Em função da importância desta característica, foi elaborado um “traço piloto”, utilizando-se areia natural (1:6) que foi usado como parâmetro comparativo com os traços elaborados com a substituição gradativa dos agregados reciclados nos percentuais de 0, 25, 50, 75 e 100%. Todos os materiais dos quais os concretos são compostos afetam diretamente a sua resistência e o seu desempenho final. Assim, os agregados também são de extrema importância para análise criteriosa das propriedades do concreto. Qualquer variação que possa ocorrer com os materiais componentes do concreto merece um estudo sistemático e isso também se aplica ao agregado reciclado, principalmente quando se afirma que eles correspondem a até 80 % de toda mistura.

Para a verificação da resistência dos blocos produzidos com agregados reciclados utilizou-se o ensaio de compressão simples com rompimento aos 7, 14 e 28 dias da data de produção para cada lote de 6 blocos, conforme prescreve a norma Brasileira ABNT NBR 6136:2007, podendo ser observado no Quadro 4.13, constante da referida norma.

Quadro 4.13 - Tamanho da amostra de blocos para ensaio de resistência à compressão.

Nº de blocos do lote	Nº de blocos da amostra		Nº mínimo de blocos para ensaio de resistência à compressão e ensaio dimensional		Nº de blocos para ensaio de absorção
	Prova	Contraprova	Critério estabelecido (1)	Critério estabelecido (2)	
Até 5.000	7 ou 9	7 ou 9	6	4	3
5.001 a 10.000	8 ou 11	8 ou 11	8	5	3
10.001 a 20.000	10 ou 13	10 ou 13	10	6	3

Fonte: ABNT NBR 6136:2007

(1) – Valor não conhecido do desvio-padrão da fábrica.

(2) – Valor conhecido do desvio-padrão da fábrica.

4.8.1. Gráfico de Resistência à compressão.

O Quadro 4.14 apresenta resultados das médias dos ensaios de resistência à compressão simples realizados nos meses de dezembro/2009 a março/2010 em 90 blocos nas idades de 7, 14 e 28 dias. Observa-se nos valores apresentados que para todas as misturas de agregados naturais/reciclados utilizadas na fabricação dos blocos, os valores de resistência à compressão mostraram tendência crescente para o traço de referência (1 : 6) nas idades de ruptura, portanto, atendendo aos preceitos da norma brasileira ABNT NBR 12118:2007 para o emprego como elemento de alvenaria de

vedação, contribuindo assim para redução dos níveis de exploração dos recursos naturais e redução do consumo energético.

Observa-se através do resultado um aumento em ganho de resistência nos blocos de referência compostos com 100% de agregados naturais em torno de 30% em relação às idades de 7 e 28 dias. Percentuais da ordem de 27% e 49% podem ser observado com relação às mesmas idades com os blocos confeccionados com 100% de agregados reciclados e quando divididos em percentuais de 50% + 50% de agregados naturais e reciclados respectivamente.

Quadro 4.14 - Resultado das médias dos ensaios de resistência à compressão simples nos blocos em MPa

Bloco	Idades (dias)			Aumento da resistência de 7 para 28 dias em (%)
	7 dias	14 dias	28 dias	
100% AMR	1,59	1,66	2,03	27
75% AMR + 25% AMN	1,71	2,34	2,44	42
50%AMR + 50% AMN	1,77	2,51	2,63	49
25% AMR + 75% AMN	2,84	3,28	3,67	29
100% AMN	2,91	3,39	3,78	30

Para os blocos produzidos com 100% de agregados reciclados, pode-se observar que em relação aos blocos com 100% de agregados naturais há uma diferença menor em relação à resistência na idade de 28 dias de valores próximos a 86%.

Um maior ganho de resistência nos blocos ao longo do período de cura pode ser observado na substituição de 50% do agregado natural pelo agregado reciclado, com percentual de 49% entre as idades de 07 e 28 dias. Quadro 4.14.

Na Figura 4.6 observa-se que o aumento do teor de agregado reciclado acima de 50% provoca uma diminuição substancial na resistência dos blocos em todas as idades ensaiadas.

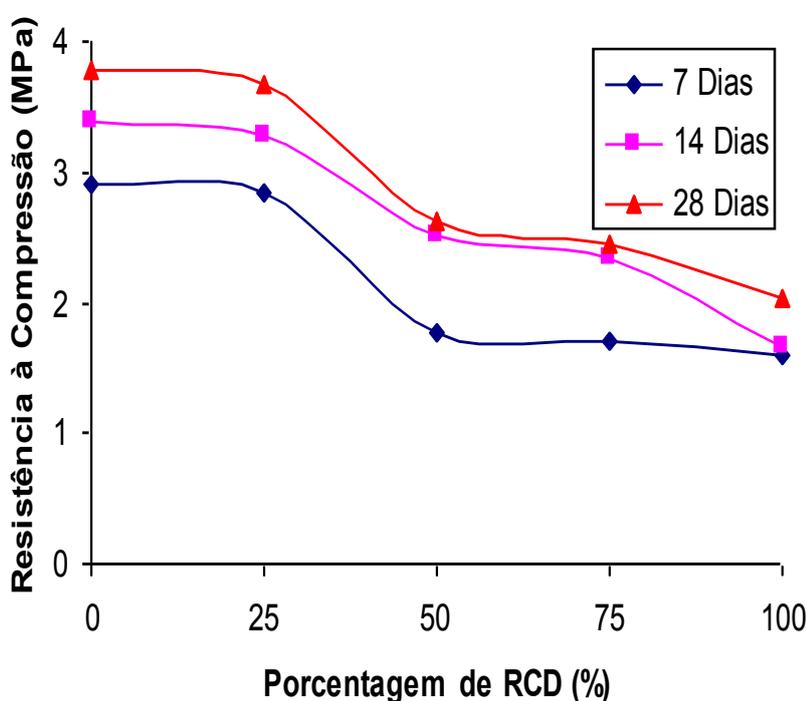


Figura 4.6 – Gráfico Característico da Resistência à Compressão Simples

4. 9. Composição média dos Resíduos de Construção e Demolição

Em algumas cidades brasileiras, autores como Fonseca (2002) e Farias et al (2006) identificaram em trabalhos de sua autoria, a composição de entulhos Classe A, com potencial de reciclabilidade (Quadro 4.15), com elevados percentuais de resíduos oriundos de argamassas, que vem comprovar dados relativos ao obtido pelo autor desta pesquisa em 2010 e por SANTOS (2008), ambos em Petrolina-PE.

Quadro 4.15 - Composição média da fração pétreo do entulho (em %).

Composição Média do entulho (em%)	Fonseca, (2002)	Farias et al,(2006)	Santos (2008) Petrolina/PE	O Autor (2010) Petrolina/PE
Argamassas	40,60	39,41	23,60	37,40
Concreto	12,50	6,17	14,10	21,10
Material Cerâmico	25,70	49,38	45,5	23,30
Pedras	20,30	4,73	-	17,70
Outros	0,90	0,31	16,8	0,50
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00

4.10. Características do cimento utilizado na fabricação dos blocos com agregados reciclados

O aglomerante usado no processo de fabricação dos blocos com agregados reciclados e os blocos com agregados naturais foi o cimento Portland CP II Z-32 RS, marca Poty, cujas características físicas podem ser observadas no Quadro 4.16. Vale salientar que este tipo de aglomerante é bastante difundido, com uso nas empresas fabricantes de blocos de concreto da cidade de Petrolina.

Quadro 4.16 - Características físicas do cimento utilizado na confecção dos blocos

Ensaio físico	Norma ABNT	Especificações	Resultados
Finura malha nº200 (%)	NBR 11579/91	$\leq 12,0$	1,7
Área Esp. (Blaine)(cm ² /g)	NBR NM 76/98	≥ 2600	3891
Início de Pega(h:min)	NBR 11581/91	$\geq 1:00$	2:41
Fim de pega (h:min) NBR 11581/91	NBR 11581/91	$\leq 10:00$	3:45
Expansibilidade à quente NBR 11582/91	NBR 11582/91	$\leq 5,0$	0,28
Resistência 1 dia (MPa)	NBR 7215/96	nd	-
Resistência 3 dias (MPa)	NBR 7215/96	≥ 10	25,5
Resistência 7 dias (MPa)	NBR 7215/96	≥ 20	30,3
Resistência 28 dias (MPa)	NBR 7215/96	≥ 32	-

Fonte: Cimento Poty S/A

CAPÍTULO V – CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1. CONCLUSÕES

Visando aprimorar o conhecimento do tema, esta pesquisa avaliou o comportamento dos resíduos de construção e demolição (RCD) beneficiados na produção de blocos com diferentes percentuais de substituições incorporados às misturas, bem como suas características físicas e mecânicas. Antes da fabricação dos blocos foi realizada uma caracterização física dos agregados utilizados na efetivação deste trabalho, tais como ensaio de massa específica, massa unitária, ensaio de material pulverulento e classificação granulométrica.

A partir do programa de execução no LABMATEC da Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF foi possível obter as seguintes conclusões:

- O resíduo de construção utilizado na pesquisa apresentou na sua composição grande quantidade de argamassas (37,4 %), seguida por material cerâmico (23,3 %) e concreto (21,1 %).
- As curvas granulométricas do agregado miúdo reciclado e do pó-de-pedra evidenciaram materiais com granulometria contínua, com bastante proximidade,

considerando-se este aspecto como positivo para a produção de concretos, devido a um adequado arranjo entre as partículas. Além do exposto, vale salientar que a areia natural apresentou um teor de material pulverulento cerca de 81 vezes menos que o limite máximo determinado pela norma.

– A massa específica do agregado miúdo reciclado foi cerca de 15% menor que a massa específica do agregado miúdo natural e que a massa unitária do agregado miúdo reciclado foi em termos percentuais 19% menor que a massa unitária da fração de agregado miúdo natural.

– No ensaio de absorção dos blocos aos 28 dias, pode-se constatar percentuais médios de 10,52%; 12,32%; 15,44% e 15,59%; para as substituições de 25, 50 e 75 e 100% de agregados miúdos naturais por reciclados respectivamente, dentro do que prescreve a norma ABNT NBR 15116:2004.

– As misturas de concretos com agregados reciclados necessitam de mais água que os concretos convencionais em virtude da alta taxa de absorção apresentada pelo material reciclado.

– Com relação ao teor de substituição do agregado miúdo natural pelo reciclado, observou-se que há a viabilidade da utilização do agregado miúdo reciclado em substituição total ou parcial do agregado miúdo natural.

– De forma geral conclui-se que o uso de agregados reciclados é viável para produção de blocos, pelo menos do ponto de vista das propriedades mecânicas avaliadas. No entanto, é importante ressaltar que a produção de componentes com 100% de agregados reciclados merece atenção especial, visto que as resistências mecânicas obtidas aos 28 dias na pesquisa estão próximas dos limites mínimos exigidos pela norma ABNT NBR 6136:2007.

– Face ao bom comportamento das propriedades mecânicas obtidas com o uso de concretos reciclados na fabricação de blocos para alvenaria sem função estrutural, é conveniente que outros estudos devam ser feitos para confirmar os resultados aqui apresentados, bem como estudos de outros aspectos tais como durabilidades das obras de edificações executadas com o produto apresentado nesta pesquisa e outros derivados de entulhos de construção reciclados.

Por fim, o uso de materiais reciclados para construção incentiva à adoção de tecnologias construtivas sustentáveis, podendo gerar aumento na qualidade dos produtos obtidos na construção, redução de custos e melhoria na conservação ambiental.

5.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Avaliar as propriedades químicas dos agregados reciclados.
- Avaliar o comportamento mecânico em concretos com outras substituições de agregados naturais por agregados reciclados.
- Realizar estudos de viabilidade econômica na produção de artefatos de concretos com agregados reciclados.
- Avaliar benefícios trazidos pela transformação de entulhos de construção e demolição em resíduos reciclados.
- Realizar estudos de viabilidade técnica da utilização de frações de material cerâmico na confecção de blocos de concretos.
- Avaliar a durabilidade em concretos com agregados reciclados.
- Avaliar a resistência mecânica em artefatos para pavimentos intertravados com uso de material reciclado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOPYAN, V; SAVASTANO JÚNIOR, H. **Compósitos cimentícios reforçados com fibras vegetais e suas aplicações**. In: Freire, Wesley Jorge; Beraldo, Antonio Ludovico (*), coord. Tecnologias e materiais alternativos de construção. Campinas: Editora da UNICAMP, 2003. p. 121-144.

ALTHEMAM, D. **Avaliação da durabilidade de concretos confeccionados com entulho de construção civil**. Relatório final de Iniciação Científica apresentado a FAPESP. UNICAMP, Campinas, 2002, 102p.

ANGULO, S. C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, 2000.

ANGULO, S.C. *et al.* **Desenvolvimento de novos mercados para a reciclagem massiva de RCD**. In: V Seminário de Desenvolvimento sustentável e a reciclagem na construção civil. IBRACON CT-206/IPEN. **Anais**. São Paulo. 2002.

ARAÚJO, E.G. (Coord.) **Desenvolvimento de agente expansor a base de escória de alumínio para a produção de concretos celulares auto-clavados ou moldados in loco**. *Revista Pesquisa FAPESP*, São Paulo, n. 81, p. 76-78, 2002.

ARTHUR, R.C.J. **Utilização de resíduos sólidos gerados pelo descarte das areias de fundição, em solo-cimento**. 2001. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de Piracicaba, Fundação Municipal de Ensino, Piracicaba, 2001..

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS . **Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural – Especificação, NBR 6136**, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7173: blocos vazados de concreto simples para alvenarias sem função estrutural**. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181: análise granulométrica de solos , realizada por peneiramento ou por uma combinação de sedimentação e peneiramento**. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7184: blocos vazados de concreto simples para alvenaria – determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7217, **Agregados, Determinação da composição granulométrica**, Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7219: **agregados – determinação do teor de materiais pulverulentos**. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS . **Agregado em estado solto – Determinação da massa unitária em estado solto – Método de ensaio, NBR 7251**, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7810: agregado em estado compactado e seco – determinação da massa unitária**. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 9776, **Agregados, Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman**, Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9941: redução de amostras de campo de agregados para ensaio de laboratório**. Rio de Janeiro, 1987

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118: blocos vazados de concreto simples para alvenaria – determinação da absorção de água, do teor de umidade e da área líquida**. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116: agregados reciclados de resíduos da construção civil- Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural- Requisitos**. Rio de Janeiro, 2004.

BANTHIA, N.; CHAN, C. **Use of recycled aggregate in plain and fiber-reinforced shotcrete**. Concrete International, v. 22, n. 06, 2000.

BATTISTELLE, R. A. G. (2002). **Análise da viabilidade técnica da indústria de celulose e papel em tijolos de adobe**. São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado.

BAZUCO, R. S. **Utilização de agregados reciclados de concreto para a produção de novos concretos**. Florianópolis, 1999. 100 p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

BRITO, L. A.; CAVALCANTE, J. R.; CHERIAF, M. **Utilização de entulho de Construção Civil como agregado graúdo, para a confecção de novos concretos**. IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil – Materiais reciclados e suas aplicações. 2001, São Paulo

CARNEIRO, Alex P. et al **Caracterização do entulho de Salvador visando a produção de agregado reciclado.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC 2000 – Modernidade e Sustentabilidade, 7., 2000, Salvador. **Anais...** Salvador, 2000. CD-ROM.

CARNEIRO, Fabiana Padilha; MELO, Aluísio Braz; BARKOKÉBAS JR., Béda; GUSMÃO, Alexandre Duarte; SOUZA, Paula Christyan de Medeiros. **Repercussão da Resolução nº 307 do CONAMA na Cidade do Recife.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 4., 2004, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2004. CD-ROM.

CAMARGO, A. Governança para o século 21. In: TRIQUEIRO, A. (Coord.). **Meio ambiente no século 21.** Rio de Janeiro: Sextante, 2003. p.307-321.

CARNEIRO, Alex Pires. et al. **Característica do entulho e do agregado reciclado.** In: CASSA, José Clodoaldo Silva, CARNEIRO, Alex Pires, BRUM, Irineu Antônio Schadach de. **Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção- Projeto Entulho Bom.** Salvador:Edufba, 2001.

CARNEIRO, Fabiana Padilha; MELO, Aluísio Braz; BARKOKÉBAS JR., Béda; SOUZA, Paula Christyan de Medeiros. **Resíduos de construção e demolição na Região Metropolitana do Recife – RMR: Um estudo de caso.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC 2004 – Construção Sustentável, 10., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2004. CD-ROM.

CARNEIRO, Fabiana Padilha, **Diagnóstico e ações da atual situação dos resíduos de construção e a demolição na cidade do Recife/** Fabiana Padilha Carneiro - João Pessoa, 131 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Paraíba. CT. Engenharia Urbana, 2005.

CARNEIRO, A.P. *et al.* **Construction waste characterisation for production of recycled aggregate** – Salvador/Brazil. In: WASTE MATERIALS IN CONSTRUCTION, 4, 2000, Leeds. **Proceedings.** Amsterdam: Elsevier, 2000. p. 825-835.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 307 de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil.**

CORCUERA CAVALCANTI, D.K. **Políticas para reciclagem de resíduos da construção civil.** Disponível em:<www.geocities/políticas para a reciclagem de resíduos da construção civil.htm> Acesso em: 29 dez. 2009.

CINCOTTO, M. A. **Utilização de subprodutos e resíduos na indústria da construção civil.** In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Tecnologia de edificações.* 1. ed. São Paulo: Construtora Lix da

Cunha S.A/ PINI/ IPT, Divisão de Edificações, 1988. p. 71-74. (Coletânea de Trabalhos).

CINCOTTO, M.A. **Utilização de subprodutos e resíduos na indústria da construção civil, Tecnologia de Edificações**, SãoPaulo, 1983.

CHAMIE, S.L. “**Encapsulamento de resíduos de lamas galvânicas através da solidificação em matrizes de cimento**”. Dissertação apresentada à EP-USP para a obtenção do título de Mestre em Engenharia. SãoPaulo, 1994.

CHERIAF, M. ; ANGLLUSKI, C. ; ROSEMANN, F. ; ROCHA, J. C. . **Valorização do Lodo da Indústria Têxtil como Novo Material de Cosntrução Civil**. In: Cláudio Luis Crescente Frankenberg; Maria Teresa Raya-Rodriguez; Marlize Cantelli. (Org.). Gerenciamento de Resíduos - Certificação Ambiental. 1 ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2000.

CONAMA *Resolução N° 307*. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Governo Federal. Ministério do Meio Ambiente: Brasília, 2002.

CROWTHER, P. **The State of Building Deconstruction in Australia**, CIB TG39, Florida, 2003.

DORSTHORST, B.J.H; HENDRIKS, Ch. F. **Re-use of construction and demolition waste in the EU**. In: CIB Symposium: Construction and Environment – theory intopractice., São Paulo, 2003. **Proceedings**. São Paulo, EPUSP, 2003.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Characterization of buildingrelated construction and demolition debris in the United State s**. United States: [s.n.]. 1998. 100 p. (Report n°EPA530 -R-98-010).

EUROPEAN UNION.**Construction and demolition waste management practive andtheir economic impacts**.Washington, 1999. European commission. Report to DGX1.

Farias, C. A. S., Carvalho, J. B. Q. Avaliação do **desempenho de blocos estruturais de concreto fabricados com entulho da construção civil**. Relatório de Estágio Supervisionado, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2002.

FERREIRA, S. R. M.; OLIVEIRA, J. T. R.; SÁ, W. B. **Interação solo-muro em: Alvenaria de pedra, concreto convencional e concreto com agregado de resíduo de construção e demolição (RCD)**. Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (COBRAMSEG): XIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2006.

FERREIRA, S R. de M.; OLIVEIRA, J. T. R. de;. OLIVEIRA, P. E. S.de **Interação soloconcreto convencional e com agregado reciclado em obras de contenção**; Publicação de Resumo nos anais do 48º Congresso Brasileiro do Concreto- IBRACON – CBC 2006; Rio de Janeiro - RJ.

FONSECA, F.B. **Desempenho estrutural de paredes de alvenaria de blocos de concreto de agregados reciclados de rejeitos da construção e demolição.** 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Escola de engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

GRIGOLI, A.S. **Reciclagem de entulho em canteiro de obras – Viabilidade econômica.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 43., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** São Paulo: IBRACON, 2001. 1 CD-ROM.

HENDRIKS, C. F. **The building cycle.** Delft: Aeneas, 2000. 231 p.

HENDRICKSON, C.; HARVOATH, A. **Resource use and environmental emission of U.s. Construction sectors.** J. Construct. Engineering and management.v 126, nº 1, jan-feb 2000.

JOHN, V.M. **Panorâmica sobre a reciclagem de resíduos na construção civil.** In: II Seminário – Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil. IBRACON, Comitê Técnico CT 206, Meio Ambiente. Anais. São Paulo, 1999.

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** Tese-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, 2000. 102p.

JOHN, V. M. **Aproveitamento de resíduos como materiais de construção. Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção.** EDUFBA – Projeto entulho bom. Salvador-BA, 2001.

JOHN, Vanderley M. & AGOPYAN, Vahan **Reciclagem de resíduos da construção.** Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Civil. Universidade de São Paulo – USP: São Paulo, 2001.

JOHN, Vanderley M. et al **Strategies for innovation in construction and demolition waste management in Brazil.** Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Civil. Universidade de São Paulo – USP: São Paulo, 2003.

JOHN, V. M. **Desenvolvimento sustentável, construção civil, reciclagem e trabalho multidisciplinar.** Artigo. São Paulo: PCC-EPUSP. Disponível em: <<http://www.reciclagem.pcc.usp.br>> Acesso em: 03 de março de 2007.

KARTAM et al. 2004. **Environmental management of construction and demolition waste Kuwait.** Waste Management. No. 24.

KASAI, Y. **Barriers to the reuse of construction by products and the use of recycled aggregate in concrete in Japan.** In: Use of recycled concrete aggregate. DHIR, HENDERSON & LIMBACHIYA eds. Tomas Telford, 1998.

LAURITZEN, E. K. **The global challenge of recycled concrete.** In: DHIR, R. K.; HENDERSON, N. A.; LIMBACHIYA, M. C. (Ed.). **Use of recycled concrete aggregate.** Tomas Telford, 1998. p. 506-519.

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

LEVY, S. M. **Reciclagem do entulho da construção civil, para utilização como agregado para argamassas e concretos.** Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997. 147p.

LEVY, S. M. **Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria.** Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

LIMA, F. B. e VIEIRA, G. L. **Blocos de concreto produzidos com entulho da construção civil.** In: Congresso Brasileiro do Concreto, 43, 2001, Foz do Iguaçu. CDROM. Foz do Iguaçu: Instituto Brasileiro do Concreto, 2001.

MANAHAN, S. E. **Fundamentals of environmental chemistry.** Boca Raton: CRC Press LLC, 2001.

MARCONDES, F. C. S. & CARDOSO, F. F. **Contribuição para aplicação do conceito de logística reversa na cadeia de suprimentos da construção civil.** In: Simpósio Brasileiro de economia e gestão na construção. Porto Alegre, 2005

MARCONE, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de Pesquisa.** 5 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002. 282f.

MASUERO, Angela Borges; DAL Molin, Denise et al. **Emprego de escórias de aciaria elétrica como adição a concretos,** CPGEC/NORIE - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

MATOS, G.; WAGNER, L. **Consumption of materials in the United States 1900 – 1995.** US Geological Survey, 1999, 9p.

MESTERS, K.; KURKOWSKI, H. **Density separation of recycling building materials by means of jig technology.** 1997

NEVES et al. **O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas.** Ver. Bras. Eng. agric. ambient {online}. 2001, vol.6, n.2, PP.303-313.

NOLASCO, A. M. 1993. **Utilização do resíduo da indústria do papel na produção de materiais para a construção civil.** Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 156p.

OLIVEIRA, Djane de Fátima. **Contribuição ao estudo da durabilidade de blocos de concreto produzidos com a utilização de entulho da construção civil.** 2003. 119f. Tese (Qualificação do Doutorado) - Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2003.

OLIVEIRA, P. E. S. de; OLIVEIRA, J. T. R. de; FERREIRA, S R. de M. **Avaliação da Resistência à Compressão do Concreto com uso de Agregado de Resíduos de**

Construção e Demolição – RCD: Publicação de Resumo nos anais do 49º Congresso Brasileiro do Concreto- IBRACON – CBC 2007; Bento Gonçalves – RS.

PABLOS, Javier Mazariegos. **Utilização do resíduo sólido gerado pelo descarte das areias de fundição aglomeradas com argila no setor de Construção Civil.** 1995. 86 f. (Mestrado em Arquitetura). Universidade de São Paulo, São Carlos. 1995.

PALIARI, José C. et al. **Avaliação das perdas de concreto usinado nos canteiros de obras.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2002. CD-ROM.

PICCHI, Flávio Augusto. **Sistema de qualidade na construção de edifícios.** 1993. Boletim Técnico. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 24 p.

PINHEIRO, S. M. M. **Resíduos Sólidos na Construção Civil:** Palestra proferida na ASSEA – Associação dos Engenheiros, Arquitetos e Agrônomos do Vale do São Francisco em 14/02/2006.

PINTO, T.P. **Desperdício em xequê. Revestimentos.** São Paulo 1999

PINTO, T. **Metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana.** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Tese (Doutorado), 1999

R.C.C. Lintz, **Incorporação de resíduos de construção em compostos de cimento empregados na fabricação de blocos.** In: 18º Congresso Brasileiro de engenharia e Ciências dos Materiais - CBECiMat - 2008

SANTOS, A.N. **Diagnóstico da situação dos resíduos de construção e demolição (RCD) no município de Petrolina (PE).** (Dissertação de mestrado) 2008. UNICAP. Recife-PE

SAVASTANO Jr. et al. **Microestrutura x Desempenho dos Compósitos reforçados com fibras Vegetais.** In: Workshop sobre Reciclagem e Reutilização de Resíduos como Material de Construção Civil, São Paulo, 1996. anais. São Paulo, Epuspi / Antac, 1997. p.153-8.

SAVASTANO Jr. (2000). **Materiais à base de cimento reforçados com fibra vegetal: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo.** Tese de livre-docência, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

SCHNEIDER, Dan M. **Disposições irregulares de resíduos de construção civil no município de São Paulo.** Dissertação de mestrado. Faculdade de Saúde Pública. Universidade de São Paulo – USP: São Paulo, 2003.

SCHNEIDER, D. M.; PHILIPPI Jr., A. **Gestão pública de resíduos da construção civil no município de São Paulo.** Ambiente Construído, Porto Alegre, 2004.

SILVA, D. J. O. **Valorização e eliminação de resíduos da construção civil na região metropolitana do Recife** – Monografia apresentada no curso de especialização em gestão e controle ambiental. UPE; 2003.

SILVA, E. N.; FUCALE, S.P.; DUARTE, A.G. SOUZA; P. C. M. **Análise da Geração de Resíduos na Aplicação de Cerâmicas em Obras de Construção de Edifícios na Cidade do Recife-PE.** In: XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte, MG, 2007.

SIMONETTI, F.C. **Incorporação de resíduos de construção em compostos de cimento empregados na fabricação de blocos.** In: **18º Congresso Brasileiro de engenharia e Ciências dos Materiais - CBECiMat - 2008**

SOILBELMAN. L. **As perdas de materiais na construção de edificações: Sua incidência e seu controle.** Porto Alegre. UFRGS. Curso de pós-graduação em Engenharia civil. 1993. Dissertação de mestrado.

SOUZA, U. E. L. et al. **Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva.** Ambiente construído. Porto Alegre., v.4, n.4, p.33-46. Outubro/Dezembro 2004.

TURMINA, R. F.; BARROS, M. M. S. B. **Estudo da viabilidade técnica de contrapisos com agregados de entulho de obra.** In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL-MATERIAIS RECICLADOS E SUAS APLICAÇÕES, 4., 2001, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Ibracon, 2001. p.265-74.

VÁZQUEZ, E. (2001). **Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção: Projeto entulho bom.** In: CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S.; CASSA, J. C. S. (Orgs.). Salvador: EDUFBA/ Caixa Econômica Federal.

VAZQUEZ, E. **Aplicación de nuevos materiales reciclados en la construcción civil.** In: SEMINÁRIO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 4., 2001, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IBRACON, CT 206. p. 11-21. ZAHARIEVA,

VIRJLING, J. K. **An economic model for the successful recycling of waste materials.** In: GOUMANS, J. J.; VAN DER SLOOT, H. A.; AALBERS, G. (Ed.). **Waste Materials in construction.** London: Elsevier, 1991.

ZORDAN, Sérgio Eduardo. **A utilização do entulho como agregado na confecção do concreto.** 1997. 140f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil (UNICAMP). Campinas, 1997.

ZORDAN, S.E. **Metodologia de avaliação do potencial de reciclagem de resíduos.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP. Tese de doutorado, São Paulo, 2003. 464 p.

ZWAN, J.T. **Application of waste materials – a success now, a success in the future.**

In: WASTE MATERIALS IN CONSTRUCTIONS: PUTTING THEORY INTO PRACTICE. Great Britain, 1997. 3URFHHGLQJV. Great Britain, 1997. p.869-81.

ANEXOS

RESOLUÇÃO Nº 307, DE 5 DE JULHO DE 2002

Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, no uso das competências que lhe foram conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de julho de 1990, e tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, Anexo à Portaria nº 326, de 15 de dezembro de 1994, e

Considerando a política urbana de pleno desenvolvimento da função social da cidade e da propriedade urbana, conforme disposto na Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001;

Considerando a necessidade de implementação de diretrizes para a efetiva redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção civil;

Considerando que a disposição de resíduos da construção civil em locais inadequados contribui para a degradação da qualidade ambiental;

Considerando que os resíduos da construção civil representam um significativo percentual dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas;

Considerando que os geradores de resíduos da construção civil devem ser responsáveis pelos resíduos das atividades de construção, reforma, reparos e demolições de estruturas e estradas, bem como por aqueles resultantes da remoção de vegetação e escavação de solos;

Considerando a viabilidade técnica e econômica de produção e uso de materiais provenientes da reciclagem de resíduos da construção civil; e

Considerando que a gestão integrada de resíduos da construção civil deverá

proporcionar benefícios de ordem social, econômica e ambiental, resolve:

Art. 1º Estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais.

Art. 2º Para efeito desta Resolução, são adotadas as seguintes definições:

I - Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha;

II - Geradores: são pessoas, físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os resíduos definidos nesta Resolução;

III - Transportadores: são as pessoas, físicas ou jurídicas, encarregadas da coleta e do transporte dos resíduos entre as fontes geradoras e as áreas de destinação;

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

V - Gerenciamento de resíduos: é o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos;

VI - Reutilização: é o processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo;

VII - Reciclagem: é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação;

VIII - Beneficiamento: é o ato de submeter um resíduo à operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-los de condições que permitam que sejam utilizados como matéria-prima ou produto;

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

X - Áreas de destinação de resíduos: são áreas destinadas ao beneficiamento ou à disposição final de resíduos.

Art. 3º Os resíduos da construção civil deverão ser classificados, para efeito desta Resolução, da seguinte forma:

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 (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) 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 os 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.

Art. 4º Os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final.

§ 1º Os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de "bota fora", em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei, obedecidos os prazos definidos no art. 13 desta Resolução.

§ 2º Os resíduos deverão ser destinados de acordo com o disposto no art. 10 desta Resolução.

Art. 5º É instrumento para a implementação da gestão dos resíduos da construção civil o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, a ser elaborado pelos Municípios e pelo Distrito Federal, o qual deverá incorporar:

I - Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil; e

II - Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.

Art 6º Deverão constar do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil:

I - as diretrizes técnicas e procedimentos para o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e para os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil a serem elaborados pelos grandes geradores, possibilitando o exercício das responsabilidades de todos os geradores.

II - o cadastramento de áreas, públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, em conformidade com o porte da área urbana municipal, possibilitando a destinação posterior dos resíduos oriundos de

pequenos geradores às áreas de beneficiamento;

III - o estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento e de disposição final de resíduos;

IV - a proibição da disposição dos resíduos de construção em áreas não licenciadas;

V - o incentivo à re inserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo;

VI - a definição de critérios para o cadastramento de transportadores;

VII - as ações de orientação, de fiscalização e de controle dos agentes envolvidos;

VIII - as ações educativas visando reduzir a geração de resíduos e possibilitar a sua segregação.

Art 7º O Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil será elaborado, implementado e coordenado pelos municípios e pelo Distrito Federal, e deverá estabelecer diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores, em conformidade com os critérios técnicos do sistema de limpeza urbana local.

Art. 8º Os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil serão elaborados e implementados pelos geradores não enquadrados no artigo anterior e terão como objetivo estabelecer os procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequados dos resíduos.

§ 1º O Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, de empreendimentos e atividades não enquadrados na legislação como objeto de licenciamento ambiental, deverá ser apresentado juntamente com o projeto do empreendimento para análise pelo órgão competente do poder público municipal, em conformidade com o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.

§ 2º O Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil de atividades e empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental, deverá ser analisado dentro do

processo de licenciamento, junto ao órgão ambiental competente.

Art. 9º Os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil deverão contemplar as seguintes etapas:

I - caracterização: nesta etapa o gerador deverá identificar e quantificar os resíduos; II - triagem: deverá ser realizada, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou ser realizada nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, respeitadas as classes de resíduos estabelecidas no art. 3º desta Resolução;

III - acondicionamento: o gerador deve garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos em que seja possível, as condições de reutilização e de reciclagem;

IV - transporte: deverá ser realizado em conformidade com as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos;

V - destinação: deverá ser prevista de acordo com o estabelecido nesta Resolução.

Art. 10. Os resíduos da construção civil deverão ser destinados das seguintes formas:

I - Classe A: deverão ser reutilizados 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.

Art. 11. Fica estabelecido o prazo máximo de doze meses para que os municípios e o

Distrito Federal elaborem seus Planos Integrados de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil, contemplando os Programas Municipais de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil oriundos de geradores de pequenos volumes, e o prazo máximo de dezoito meses para sua implementação.

Art. 12. Fica estabelecido o prazo máximo de vinte e quatro meses para que os geradores, não enquadrados no art. 7º, incluam os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil nos projetos de obras a serem submetidos à aprovação ou ao licenciamento dos órgãos competentes, conforme §§ 1º e 2º do art. 8º.

Art. 13. No prazo máximo de dezoito meses os Municípios e o Distrito Federal deverão cessar a disposição de resíduos de construção civil em aterros de resíduos domiciliares e em áreas de "bota fora".

Art. 14. Esta Resolução entra em vigor em 2 de janeiro de 2003.

JOSÉ CARLOS CARVALHO

Presidente do Conselho

Publicada DOU 17/07/2002

APÊNDICES

GLOSSÁRIO

Agregado reciclado: material granular proveniente de beneficiamento de resíduos da construção civil que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação e infra-estrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia.

Áreas de Destinação de Resíduos: áreas destinadas à recepção, beneficiamento ou à disposição final de resíduos (por exemplo, áreas de transbordo e triagem e aterro de resíduos da construção civil e inerte).

Áreas de Transbordo e Triagem: áreas para a recepção RCD, triagem, eventual reciclagem e posterior remoção para destinação adequada.

Aterro de Resíduos da Construção Civil e Inerte (área): área destinada ao confinamento de resíduos da construção civil e resíduos volumosos em menor volume possível para reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área.

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

Beneficiamento: é o ato de submeter um resíduo a operações e/ou processos que tenham por objetivo dota-los de condições que permitam que sejam utilizados como matéria-prima ou produto.

Bota-fora: área onde ocorre deposição indiscriminada de resíduos sólidos diversos.

Geradores: são pessoas, físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os RCD.

Gerenciamento de resíduos: é o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos.

Pontos Críticos de Limpeza: áreas públicas onde ocorre deposição irregular sistemática de RCD, submetidas à constante limpeza pública.

Reciclagem: é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação.

Resíduos da construção civil - RCD: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente

chamados de entulhos de obras, calça ou metralha; Resíduos Volumosos: resíduos constituídos por material volumoso como móveis e equipamentos domésticos inutilizados, grandes embalagens e peças de madeira, resíduos vegetais e outros.

Reutilização: é o processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo.

Transportadores: são as pessoas, físicas ou jurídicas, encarregadas da coleta e do transporte dos resíduos entre as fontes geradoras e as áreas de destinação.