

---

**CONTRIBUIÇÃO AO DIAGNÓSTICO DA GERAÇÃO DE  
ENTULHO DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE  
CAMPINA GRANDE, PB**

---

**ANA RAQUEL SÁ DA NÓBREGA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro de Ciências e Tecnologia, da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Civil.

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Geotecnia**

**ORIENTADOR: Prof. Dr. José Wallace Barbosa do Nascimento**

**Campina Grande, PB  
2002**

---



N754c

Nobrega, Ana Raquel Sa da

Contribuicao ao diagnostico da geracao de entulho da construcao civil no municipio de Campina Grande, PB/ Ana Raquel Sa da Nobrega. - Campina Grande, UFPB, 2002. — 110p.: il-

Inclui bibliografia

Dissertacao (mestrado) UFPB - CCT

1 - Entulho 2- Meio ambiente 3- Reciclagem

CDU 628.4.036

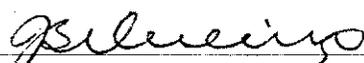
Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pela Banca Examinadora do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal da Paraíba, defendida e aprovada em 22/03/2002, pela comissão julgadora:

Banca Examinadora



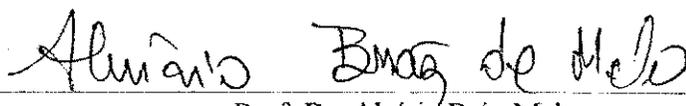
Prof. Dr. José Wallace Barbosa do Nascimento

(Orientador - UFPB/ CCT/DEAg)



Prof. Dr. João Batista de Queiroz Carvalho

(Examinador – UFPB/CCT/DEC)



Prof. Dr. Aluísio Brás Melo

(Examinador externo – Pesquisador CNPq)

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pela sua misericordiosa providência no decorrer da minha vida.

Ao Prof. Dr. Jose Wallace B. do Nascimento que, durante toda a pesquisa, mostrou ser um ótimo orientador.

À Prefeitura Municipal de Campina Grande, PB.

Ao SINDUSCON de Campina Grande, PB.

À Curadoria do Meio Ambiente da cidade.

A todos os engenheiros, mestres de obra e operários que cooperaram para a realização desta pesquisa.

A todos os professores da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, em especial aos do Departamento de Engenharia Civil e Departamento de Engenharia Agrícola.

A Djane, pelo seu importante apoio e incentivo para a conclusão desta dissertação.

A todos os funcionários, especialmente Dona Maurísia.

Aos meus verdadeiros amigos, em especial a Bruno e Giordan, que torceram pelo sucesso deste trabalho.

A toda a minha família, pelo apoio, ensinamentos e alegrias, que me deram durante toda a minha vida.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	i
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	iv
<b>LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS</b> .....	vi
<b>RESUMO</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>Capítulo I INTRODUÇÃO</b> .....	01
<b>Capítulo II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	03
2.1 O Meio Ambiente.....	03
2.1.1 Desenvolvimento desbravador.....	04
2.1.2 Desenvolvimento sustentável.....	04
2.1.3 Impacto ambiental.....	05
2.1.4 Consumo de recursos naturais.....	07
2.1.5 Consumo e descarte de materiais.....	08
2.1.6 Consumo de energia.....	09
2.1.7 Poluição atmosférica.....	10
2.1.8 Poluição de ambientes interiores.....	12
2.1.9 Poluição dos nutrientes.....	12
2.2 Entulho.....	13
2.2.1 Terminologia.....	13
2.2.2 Origem do entulho da construção civil.....	13
2.2.3 Classificações de resíduos.....	15
2.2.4 Composição química do entulho.....	16
2.2.5 Destinação do entulho.....	18
2.2.6 Gestão corretiva.....	19
2.2.7 Gestão diferenciada dos resíduos de construção e demolição.....	20
2.2.8 Gestão diferenciada do entulho na cidade de Salvador.....	21
2.2.9 Estatísticas.....	24

2.3 Reciclagem.....	26
2.3.1 A importância da reciclagem.....	26
2.3.2 Histórico da reciclagem.....	27
2.3.3 Algumas políticas de incentivo a reciclagem.....	28
2.3.4 Reciclagem na construção civil.....	30
2.3.4.1 Equipamentos utilizados para a reciclagem do entulho da construção civil....	31
2.3.4.2 Usinas de reciclagem de entulho.....	33
2.3.4.3 Reciclagem no canteiro de obras.....	37
2.3.5 Agregados reciclados.....	39
2.3.5.1 Forma, textura e granulometria obtida pela reciclagem do entulho.....	39
2.3.5.2 Principais diferenças entre agregados reciclados e agregados convencionais...	41
2.3.6 Impurezas encontradas no entulho.....	42
2.3.7 Principais usos para os produtos obtidos através da reciclagem do entulho da construção.....	43
2.3.7.1 Utilização em pavimentação.....	44
2.3.7.2 Utilização como agregado para concreto.....	44
2.3.7.3 Utilização com agregado para a confecção de argamassa.....	45
2.3.8 Impactos da reciclagem.....	45
<b>Capítulo III METODOLOGIA.....</b>	<b>47</b>
3.1 O município de Campina Grande, PB.....	47
3.2 Metodologia para a caracterização do entulho.....	48
3.2.1 Caracterização qualitativa.....	49
3.2.2 Caracterização quantitativa.....	50
<b>Capítulo IV RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>51</b>
4.1 Situação Atual do Gerenciamento do Entulho nas Construções em Campina Grande.....	51
4.2 Agentes coletores de entulho.....	51
4.3 Caracterização qualitativa.....	52
4.4 Caracterização quantitativa.....	62
4.5 Destinação dos entulhos.....	74

<b>Capítulo V CONCLUSÕES</b> .....	79
<b>Capítulo VI SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS</b> .....	82
<b>Capítulo VII ANEXOS</b> .....	83
<b>Capítulo VIII REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	89

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1	Grau de impacto de diferentes tendências nas atividades da construção civil.....	6
FIGURA 2.2	Produção per capita de lixo em alguns países.....	8
FIGURA 2.3	Principais fontes geradoras de entulho.....	14
FIGURA 4.1	Percentual dos componentes do entulho na construção A.....	52
FIGURA 4.2	Percentual dos componentes do entulho na construção B.....	53
FIGURA 4.3	Percentual dos componentes do entulho na construção C.....	53
FIGURA 4.4	Percentual dos componentes do entulho na construção D.....	54
FIGURA 4.5	Percentual dos componentes do entulho na construção E.....	54
FIGURA 4.6	Percentual dos componentes do entulho na construção F.....	55
FIGURA 4.7	Percentual dos componentes do entulho na construção G.....	55
FIGURA 4.8	Percentual dos componentes do entulho na construção H.....	56
FIGURA 4.9	Percentual dos componentes do entulho na construção I.....	56
FIGURA 4.10	Percentual dos componentes do entulho na construção J.....	57
FIGURA 4.11	Percentual dos componentes do entulho na construção L.....	57
FIGURA 4.12	Percentual dos componentes do entulho na construção M.....	58
FIGURA 4.13	Percentual dos componentes do entulho na construção N.....	58
FIGURA 4.14	Percentual dos componentes do entulho na construção O.....	59
FIGURA 4.15	Percentual dos componentes do entulho na construção P.....	59
FIGURA 4.16	Percentual dos entulhos encontrados na pesquisa.....	60
FIGURA 4.17	Quantidade de entulho gerada pela construção A durante o período da pesquisa.....	64
FIGURA 4.18	Quantidade de entulho gerada pela construção C durante o período da pesquisa.....	64
FIGURA 4.19	Quantidade de entulho gerada pela construção F durante o período da pesquisa.....	65

FIGURA 4.20	Quantidade de entulho gerada pela construção O durante o período da pesquisa.....	65
FIGURA 4.21	Quantidade de entulho gerada pela construção B durante o período da pesquisa.....	66
FIGURA 4.22	Quantidade de entulho gerada pela construção H durante o período da pesquisa.....	66
FIGURA 4.23	Quantidade de entulho gerada pela construção J durante o período da pesquisa.....	67
FIGURA 4.24	Quantidade de entulho gerada pela construção L durante o período da pesquisa.....	67
FIGURA 4.25	Quantidade de entulho gerada pela construção N durante o período da pesquisa.....	68
FIGURA 4.26	Quantidade de entulho gerada pela construção P durante o período da pesquisa.....	68
FIGURA 4.27	Quantidade de entulho gerada pela construção D durante o período da pesquisa.....	69
FIGURA 4.28	Quantidade de entulho gerada pela construção G durante o período da pesquisa.....	69
FIGURA 4.29	Quantidade de entulho gerada pela construção I durante o período da pesquisa.....	70
FIGURA 4.30	Quantidade de entulho gerada pela construção M durante o período da pesquisa.....	70
FIGURA 4.31	Quantidade de entulho gerada pela construção E durante o período da pesquisa.....	71
FIGURA 4.32	Quantidade de entulho gerada pelas incorporações e pelos condomínios durante o período da pesquisa.....	71
FIGURA 4.33	Quantidade média de geração de entulho nas quinze construções.....	72
FIGURA 4.34	Quantidade de entulho gerada pelas fases das construções durante o período da pesquisa.....	73

FIGURA 4.35	Quantidade de entulho gerada pelas quinze construções durante o período da pesquisa.....	73
FIGURA 4.36	Resíduo de madeira.....	74
FIGURA 4.37	Resíduo de ferro.....	74
FIGURA 4.38	Resíduo de tijolo e argamassa.....	75
FIGURA 4.39	Resíduo de tijolo.....	75
FIGURA 4.40	Deposição do entulho na própria construção.....	76
FIGURA 4.41	Entulho abandonado na própria construção.....	76
FIGURA 4.42	Deposição de entulho clandestino.....	77
FIGURA 4.43	Deposição de gesso.....	77
FIGURA 4.44	Entulhos colocados em terrenos baldios.....	78

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 2.1	Produção anual de agregados em diversos países.....	8
TABELA 2.2	Consumo de energia para a produção de diferentes materiais nos Países Baixos.....	9
TABELA 2.3	Consumo de energia estimado para a produção de diferentes materiais de construção.....	10
TABELA 2.4	Energia requerida para a produção de materiais.....	10
TABELA 2.5	Perdas de alguns materiais de construção civil em canteiros brasileiros (%)......	15
TABELA 2.6	Composição, em percentagem, do RCD de diversas regiões/países.....	17
TABELA 2.7	Análise qualitativa da fração mineral do entulho.....	17
TABELA 2.8	Componentes do entulho em relação ao tipo de obra em que foi gerado	18
TABELA 2.9	Participação do entulho no lixo urbano.....	22
TABELA 2.10	Estimativas da quantidade de entulho produzidos no país e no exterior.	24
TABELA 2.11	Provável geração total de RCD de alguns municípios e a geração per capita de entulho.....	25
TABELA 2.12	Redução do Impacto Ambiental da Reciclagem.....	27
TABELA 2.13	Equipamentos de britagem usados na reciclagem de entulhos.....	32
TABELA 2.14	Composição dos resíduos sólidos recebidos em Belo Horizonte, MG...	34
TABELA 2.15	Quantidade de resíduos da construção e demolição processados na Holanda.....	35
TABELA 2.16	Custos e características de equipamentos para a reciclagem do RCD...	37
TABELA 2.17	Algumas características dos equipamentos para a reciclagem em canteiro de obras.....	38
TABELA 2.18	Granulometria dos agregados de concreto reciclado.....	40
TABELA 2.19	Percentagem de material que passa na #4,8mm.....	40
TABELA 2.20	Propriedades dos agregados naturais e reciclados.....	41
TABELA 2.21	Massa específica e absorção de água de agregados reciclados de argamassa.....	42

TABELA 2.22	Teores de impurezas em relação ao volume de agregados.....	43
TABELA 4.1	Fase, classe e grupo das construções pesquisadas.....	63
TABELA 4.2	Média da geração de entulho das diferentes fases das construções no período da pesquisa.....	72
TABELA 6.1	Quantificação do entulho nas obras acompanhadas.....	83
TABELA 6.2	Qualificação dos constituintes do entulho na obra A.....	83
TABELA 6.3	Qualificação dos constituintes do entulho na obra B.....	84
TABELA 6.4	Qualificação dos constituintes do entulho na obra C.....	84
TABELA 6.5	Qualificação dos constituintes do entulho na obra D.....	84
TABELA 6.6	Qualificação dos constituintes do entulho na obra E.....	85
TABELA 6.7	Qualificação dos constituintes do entulho na obra F.....	85
TABELA 6.8	Qualificação dos constituintes do entulho na obra G.....	85
TABELA 6.9	Qualificação dos constituintes do entulho na obra H.....	86
TABELA 6.10	Qualificação dos constituintes do entulho na obra I.....	86
TABELA 6.11	Qualificação dos constituintes do entulho na obra J.....	86
TABELA 6.12	Qualificação dos constituintes do entulho na obra L.....	87
TABELA 6.13	Qualificação dos constituintes do entulho na obra M.....	87
TABELA 6.14	Qualificação dos constituintes do entulho na obra N.....	87
TABELA 6.15	Qualificação dos constituintes do entulho na obra O.....	88
TABELA 6.16	Qualificação dos constituintes do entulho na obra P.....	88

**LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

CONOMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CDIAC	Carbon Dioxide Information Analysis Center
I & T	Informações e Técnicas
LIMPURB	Limpeza Urbana de Salvador
NYSDEC	New York State Department of Environmental Conservation
RCD	Resíduo de Construção e Demolição
ton	tonelada
UNEP	United Nations Environment Programme

**RESUMO**

Nóbrega, Ana Raquel Sá. *Contribuição ao Diagnóstico da Geração de Entulho da Construção Civil no Município de Campina Grande, PB*. Campina Grande, 2002. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba.

Com o significativo aumento do processo de urbanização nas médias e grandes cidades, surge um expressivo volume de resíduos de construção e demolição acarretando vários problemas para a sociedade e conseqüentemente para o meio ambiente. Diante deste fato, se faz necessário que os órgãos governamentais juntamente com os não governamentais planejem políticas de desenvolvimento sustentável para o setor da construção civil e como isso minimizem o uso indiscriminado dos recursos naturais. Este trabalho objetivou a qualificação e a quantificação do entulho das edificações na cidade de Campina Grande, através de coleta de dados de quinze edifícios selecionados, em diversas fases de execução, durante o período de seis meses. Através do estudo realizado, observou-se que a fase em que a obra se encontra, interfere na quantidade de resíduo. Por exemplo, a concretagem é a fase que apresenta a menor geração de entulho, enquanto que a maior quantidade observada foi na fase de revestimento. Portanto, as obras de edificação quando bem planejadas, projetadas e executadas certamente diminuirá a quantidade de entulho e conseqüentemente acarretaria menores custos e perdas de matérias-primas. Os resultados mostraram um expressivo volume de entulho, o qual é composto quase na totalidade por fração mineral. Devido a isso, este trabalho conclui que o município de Campina Grande poderá utilizar este resíduo como matéria prima no próprio local em que foi gerado. Sugeriu-se um diagnóstico mais abrangente, em que seja possível conhecer todos os pontos clandestinos de descarga do entulho, a sua qualificação e a quantificação oriunda de todas as atividades relacionadas com a construção civil no município de Campina Grande, bem como uma fiscalização mais rígida por parte do serviço público no destino final dado aos entulhos.

Palavras chave: entulho; meio ambiente; reciclagem

**ABSTRACT**

Nóbrega, Ana Raquel Sá. *Contribution to rubbish's generation diagnosis in the city of Campina Grande, PB*. Campina Grande, 2002. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba.

Whit the significant increase of the process of urbanization in the medium and big cities, an important volume of rubbish came out and this fact caused several problems to the society and to the environment. After that it was necessary that the governmental and no governmental agencies work together and plan the politics of sustainable development for the sector of the civil construction and this way it's possible to minimize the indiscriminate use of the natural resources. This work researched the qualification and quantification of the rubbish in the vertical construction in the city of Campina Grande, through collection of data of fifteen selected buildings, in several phases of execution, during the period six months. During the studies it was observed that the phase of the construction intervenes whit the amount of trash. For example, the period when the concrete is used the phase that presents the lesser rubbish generation on the other hand the biggest amount observed was the covering phase. So when the construction is well planned, projected and executed certainly it will decrease the amount of rubbish and consequently would cause minor costs and loss of raw material. The results had shown an important volume of rubbish, which is composite almost in the totality for mineral fraction. So, this work concludes that the city of Campina Grande will be able to use this residue as raw material in the proper place where it was generated. It was suggested an including diagnosis, when it must know all the clandestine points of dump of the rubbish, its the qualification and quantification of all the activities related with the civil construction in the city of Campina Grande, as well as a more rigid fiscalization for the public job, this way it will be known the final destination of the rubbish.

Keywords: rubbish; environment; recycling

## *Capítulo I*

### INTRODUÇÃO

A capacidade de suporte dos recursos naturais é limitada e, nos últimos anos, vem ocorrendo um acréscimo da população, um processo rápido de urbanização e industrialização, tornando-se indispensável que organizações governamentais e não governamentais estejam cada vez mais preocupadas com a questão ambiental.

Apesar de alguns movimentos referentes ao problema ambiental não passarem de estratagemas políticos ou modismos, a sociedade, atualmente, está cada vez mais preocupada e exigente com assuntos relacionados à questão ambiental e os movimentos sociais exigem que as políticas públicas dêem maior importância aos problemas ambientais.

O macro complexo da indústria da construção civil está presente em todas as regiões ocupadas pelo homem e o seu desenvolvimento implica em um consumo maior de energia e matéria prima, provocando um significativo impacto ao meio ambiente.

A construção civil se tornou uma grande produtora dos resíduos de construção e demolição, ou simplesmente, entulhos e, ainda hoje, por este resíduo ser tratado como lixo, uma grande parcela dos mesmos são depositados em locais inadequados, tais como: aterros, bota-foras, em terrenos baldios e em córregos ou vias públicas, transformando estes locais em ambientes favoráveis para a proliferação de vetores de doenças tornando-se uma fonte geradora de problemas para saúde pública e ocasionando sérios prejuízos à municipalidade.

Uma geração tão intensa de resíduos da construção civil constitui um problema tão urgente que obriga as administrações dos municípios a adotar algum tipo de solução que vise a redução, reutilização e a reciclagem dos entulhos. A reciclagem de resíduos pela indústria da construção civil vem se estabilizando com uma prática importante para a sustentabilidade tanto pela diminuição do problema ambiental como pela redução de custos.

Algumas prefeituras, no Brasil, tentaram solucionar o problema do entulho com a instalação de usinas de reciclagem. As primeiras instaladas não obtiveram o

sucesso desejado, devido a falhas no planejamento, como a de Itatinga, SP, e a de Londrina, PR. Por outro lado, um exemplo de êxito foi um programa de reciclagem de entulhos realizado na cidade de Belo Horizonte, MG, que inclui a instalação de quatro usinas, mas alguns municípios brasileiros não se preocupam em diminuir os resíduos gerados, nem com o seu destino. A cidade de Campina Grande, no interior da Paraíba, é um desses municípios. Seus entulhos são jogados em terrenos próximos as construções, o que revela um descompromisso dos profissionais responsáveis pelos resíduos com a qualidade do meio ambiente.

Campina Grande é uma cidade de porte médio que não apresenta expressivo volume de obras, comparada com grandes centros do país, no entanto, o volume dos resíduos oriundos de atividades da construção civil precisa ser gerenciado adequadamente para minimizar o impacto ambiental, diminuir os custos com programas de limpeza pública e de combate a doenças, tornando uma atividade em ressonância com o desenvolvimento sustentável.

O diagnóstico do resíduo da construção civil no município de Campina Grande é o primeiro passo para o uso em potencial do entulho, portanto este trabalho tem como objetivos verificar o volume gerado de entulho nas construções verticais através de informações obtidas nas obras e de transportadores cadastrados; identificar as principais características do entulho como a composição e proporção dos componentes e, propor formas atuais de reciclagem do resíduo de construção para ser empregado neste município.

## *Capítulo II*

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### **2.1 O MEIO AMBIENTE**

##### **2.1.1 Desenvolvimento desbravador**

Há uma constante busca, por parte da sociedade, ao desenvolvimento e aliado ao acelerado processo de urbanização, existe a necessidade da população beneficiada de uma melhoria na sua qualidade de vida, portanto a natureza vem sofrendo modificações contínuas com o intuito de atingir a essa finalidade. O macro complexo da construção civil, visando o progresso, transforma o ambiente natural em um ambiente construído adaptado para a utilização das mais variadas atividades. Isso é guiado pela cultura do desenvolvimento desbravador em que há uma oposição entre a defesa do meio ambiente e o crescimento (LIDDLE, 1994 apud JOHN, 2000).

CURWELL & COOPER (1998) apud JOHN (2000) relacionam um modelo de produção linear com este tipo de desenvolvimento em que todos os tipos de bens produzidos sejam produtos descartáveis como bens de consumo não durável e até mesmo estradas e edifícios depois que atingem a sua vida útil são acumulados no meio ambiente.

A preservação da natureza neste modelo é, em primeiro lugar, associada a proteção da flora e da fauna, das áreas que contém mata nativa e dos rios e eram fixadas metas da quantidade de poluição que era gerada no processo de produção, portanto quaisquer processos industriais que atendessem aos limites de poluição fixados eram tidos com aceitáveis. A questão dos resíduos era tratada com técnicas de deposição adequada e da reparação de locais e curso d'água que foram contaminados por poluentes (JOHN, 2000).

Segundo dados da UNEP (1999) apud JOHN (2000), a população mundial que era um pouco mais de 2,5 bilhões em 1950 cresceu para quase 6 bilhões em 1999 e a economia mundial também cresceu cerca de cinco vezes entre essas datas e além disso a quantidade de recursos naturais é limitada e a natureza não tem esta grande

capacidade de absorver as mais variadas quantidades de resíduos ilimitadamente (LIDDLE, 1994 apud JOHN, 2000).

Outros dados que mostram a insustentabilidade deste padrão de desenvolvimento é o fato dos Estados Unidos consumirem aproximadamente 30% dos recursos naturais extraídos, 20% da energia, e são responsáveis por 24% da quantidade de CO<sub>2</sub> emitidos e só possuem cerca de 4,6% da população mundial, se esses números fossem generalizados para todos os habitantes do planeta haveria uma elevação de 6,5 vezes no volume de matérias primas extraídas, 4,5 vezes o consumo de energia e seriam liberados cerca de 5,2 vezes de CO<sub>2</sub>.

### **2.1.2 Desenvolvimento sustentável**

A necessidade do desenvolvimento sustentável vem como decorrência da incompetência do modelo de desenvolvimento desbravador, da incerteza da sobrevivência humana e de que a preservação ambiental se sustentará.

CHEN & CHAMBERS (1999) define desenvolvimento sustentável como aquele que permite atender às necessidades básicas de toda a população e garantir a todos a oportunidade de satisfazer suas aspirações para uma vida melhor sem, no entanto, comprometer a habilidade das gerações futuras atenderem suas próprias necessidades.

Existem dois pontos importantes a serem considerados nesta definição. O primeiro, está certo que as gerações futuras precisarão de recursos naturais, contudo não se conhecem as suas verdadeiras necessidades e o segundo ponto, relaciona o que é sempre mantido, com o que está em constante transformação (HILL *et al*, 1994 apud JOHN, 2000).

O desenvolvimento sustentável tem como metas o crescimento econômico aliado a preservação da natureza e a justiça social, ele modificará as formas de relações entre as nações e na cultura porque haverá uma mudança nos padrões de consumo (ONU, 1992). Diferentemente do desenvolvimento desbravador, o desenvolvimento sustentável defende a separação entre o crescimento e o impacto ambiental. Para se atingir a essa finalidade, são necessárias várias etapas como a diminuição do consumo de materiais e matérias primas para a produção de um

determinado bem, a redução do consumo de energia e a diminuição da poluição gerada. Estas etapas deverão estar aliadas a um acesso mais justo dos benefícios do desenvolvimento (JOHN, 2000).

O modelo de produção usado no desenvolvimento sustentável poderá ser definido como modelo cíclico de produção e consumo (CRAVEN *et al.*, 1996), ou modelo do ciclo fechado (CURWELL; COOPER, 1998). Em oposição ao modelo do desenvolvimento desbravador, os bens produzidos não possuem como destinação final de sua vida útil o seu acúmulo no meio ambiente.

A construção civil tem um notável peso na economia, é uma grande consumidora de recursos naturais, além de ser uma grande consumidora de recursos provenientes de outras indústrias devido a isso ela apresenta significativo impacto ambiental. SJÖSTRÖM (1992) afirma que de todos os recursos naturais que a sociedade usa, o macro complexo da construção civil consome entre 20% à 50%.

Adaptando o modelo do desenvolvimento sustentável a construção civil, haverá uma diminuição significativa dos recursos naturais e da deposição em aterros, pois os produtos serão projetados e construídos, primeiramente, para facilitar operações em reformas e reabilitação, em seguida, com a desmontagem, alguns componentes serão novamente utilizados em outros produtos e haverá também determinados bens que se destinarão a operações de reciclagem, (JOHN, 2000).

### **2.1.3 Impacto ambiental**

Segundo a resolução do CONAMA 01/86, que tem como moldes às leis norte americanas, define o impacto ambiental como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causado por qualquer forma de matéria ou energia resultante de atividades humanas que direta ou indiretamente afetam:

- ✓ A saúde, segurança, o bem estar da população;
- ✓ As atividades sociais e econômicas;
- ✓ A biota –conjunto de plantas e animais de uma determinada área;
- ✓ Condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- ✓ Qualidade dos recursos naturais.

As transformações ambientais passaram a ser mais significativas, quando o ser humano passou a residir em locais fixos, deixando de ser nômades e o surgimento e aperfeiçoamento de tecnologias tornaram-se mais rápidas. Desde 1950, a população dos países em desenvolvimento aumentou de 300 milhões para 1,3 bilhões de pessoas. Estima-se que no ano de 2030, esta população conhecerá um crescimento em torno de 160% (ANGELIS NETO, 1999).

O ritmo contínuo do aumento da população faz aparecer processos tecnológicos que dão suporte às cidades e conseqüentemente surge a geração de resíduos em vários aspectos: sólidos, líquidos e gasosos.

BERNSTEIN (1996) comenta que foi realizada uma pesquisa nos Estados Unidos pela Civil Engineering Research Foundation (CERF) onde procurou descobrir as tendências primordiais para o futuro da construção civil e a questão ambiental foi tida com a segunda tendência mais significativa para o futuro. É indicado na Figura 2.1 o índice encontrado nesta pesquisa.

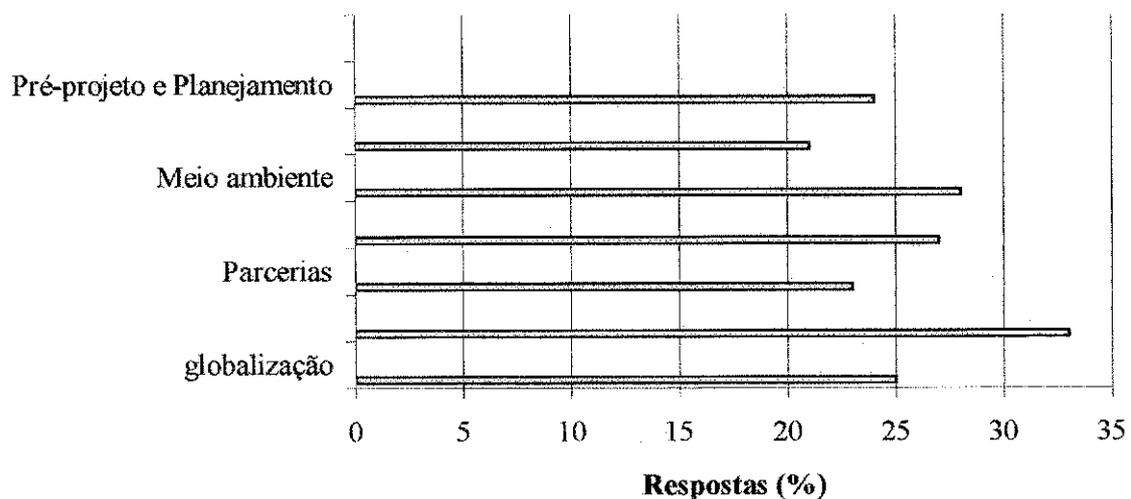


FIGURA 2.1-Grau de Impacto de Diferentes Tendências nas Atividades de Construção Civil

#### 2.1.4 Consumo de recursos naturais

A maior parte da raça humana precisa de moradia e lugares adequados para o seu ambiente de trabalho, lugares que variam entre um maior ou menor aperfeiçoamento, porém sempre necessários. Devido a isso, a cadeia produtiva da construção civil é imprescindível em todas as regiões do planeta.

A construção civil é a maior consumidora de recursos naturais, e este consumo está ligado a fatores como a taxa de resíduos gerados; a vida útil das estruturas construídas; as necessidades de manutenção; as perdas incorporadas nos edifícios e a tecnologia empregada, em relação à madeira a cadeia produtiva da construção civil consomem cerca de 2/3 da madeira natural extraída, apesar da madeira se tratar de um material renovável, a maioria das florestas não são manuseadas de forma correta (ZORDAN, 2001).

KASAI (1998) apud JOHN (2000) afirma que a construção civil, no Japão, consumiu em 1995, aproximadamente 50% dos materiais presentes na economia. Nos EUA, o consumo de agregados para construção civil é, aproximadamente, 7,5 ton/hab.ano (MATOS e WAGNER, 1999).

No Brasil, para a produção de concretos e argamassas, o consumo de agregados naturais é de 220 milhões de toneladas anualmente. Existem, também, matérias primas tradicionais da construção civil, como o cobre e o zinco que tem reservas utilizáveis para 60 anos e conseqüentemente isso se manifestará em um custo mais alto desses produtos dificultando a sua utilização (ZORDAN, 2001).

O grande desafio do macro complexo da construção civil é a melhoria e ampliação do ambiente construída empregado com um volume proporcionalmente inferior de recursos naturais.

Pode ser observada na Tabela 2.1 a produção anual de agregados em diversos países e estimativa para o Brasil.

TABELA 2.1-Produção Anual de Agregados em Diversos Países, No ano de 1988, (CONSTRUCTION, 1996 apud JOHN, 2000) e estimativa para o Brasil.

<i>País</i>	<i>Mton</i>	<i>Mton per capita</i>
<i>França</i>	138	2,45
<i>Japão</i>	1,90	1,54
<i>Coréia do Sul</i>	46	1,07
<i>Reino Unido</i>	319	5,56
<i>USA</i>	1937	7,74
<i>Brasil (concreto e argamassa)<sup>1</sup></i>	~200	~1,24

<sup>1</sup> Esse dado é uma estimativa realizada por John (2001), o qual considera a produção de cimento dos últimos anos em cerca de 36Mton, uma proporção média cimento: agregados 1:5,5 e uma população de 160 milhões de habitantes. Devem ser somados a esse valor, os agregados utilizados na construção de rodovias entre outros.

### 2.1.5 Consumo e descarte de materiais

Tudo aquilo que não pode ser mais consumido ou usado é jogado fora pelo homem. O surgimento de materiais e produtos não assimilados pelo ambiente originou uma grande quantidade de lixo produzido pelas pessoas e, com isso, há o aparecimento de lixões, aterros sanitários, lixo jogado nas vias urbanas e a incineração ao ar livre e isso o descaso com o meio ambiente. Na Figura 2.2, observa-se a quantidade de lixos produzidos diariamente pelas pessoas em alguns países (NAVARRO, 2001).

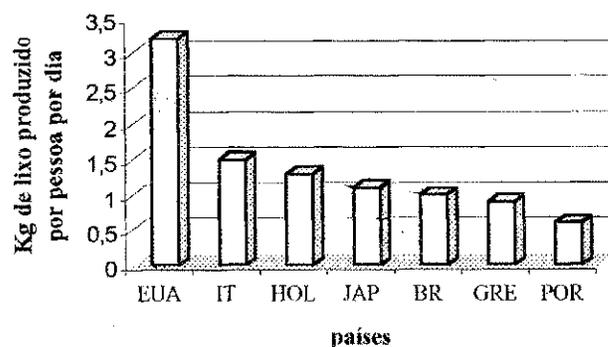


FIGURA 2.2 – Produção per capita de lixo em alguns países.

### 2.1.6 Consumo de energia

O consumo de energia da construção civil é bastante significativo. Na Inglaterra, só o transporte e a produção dos materiais de construção gastam na faixa de 10% da energia. Na cidade de São Paulo, o saturamento das reservas próximas da capital, faz com que a areia natural seja transportada a distâncias superiores a 100km, e isso acarreta em grandes consumos de energia. A energia também é consumida para iluminação e condicionamento ambiental (JOHN, 2001).

A *INDUSTRY AND ENVIRONMENT*, em 1996, afirma que, aproximadamente, 80% da energia empregada na produção do edifício é gasta na produção e transporte de materiais.

As Tabelas 2.2, 2.3 e 2.4 mostram o dispêndio de energia para a produção de alguns materiais.

TABELA 2.2-Consumo de Energia (E) para a produção de diferentes materiais nos Países Baixos no ano de 1990 (fundamentado em *INDUSTRY AND ENVIRONMENT*, 1996).

<i>Material</i>	<i>E</i>	<i>Material</i>	<i>E</i>	<i>Material</i>	<i>E</i>	<i>Material</i>	<i>E</i>
<i>Alumínio</i>	250	<i>Aço</i>	30-60	<i>Cal</i>	3-5	<i>Agregados</i>	<0,5
<i>Plásticos</i>	75	<i>Vidro</i>	12	<i>Cerâmica</i>	2-7	<i>Cinza vol.</i>	<0,5
<i>Cobre</i>	> 100	<i>Cimento</i>	6	<i>Madeira</i>	0,1-5	<i>Solo</i>	<0,5

TABELA 2.3-Consumo de energia estimado para a produção de diferentes materiais de construção (COLE; ROUSSEAU, 1992 apud JOHN, 2000) Mj/ton.

<i>PRODUTO</i>	<i>MIN</i>	<i>MAX</i>
<i>Cimento via seca<sup>1</sup></i>	1,2	2
<i>Cimento via úmida<sup>1</sup></i>	4,9	7,4
<i>Madeira Natural</i>	4	7
<i>Compensado</i>	18	
<i>Tijolo Cerâmico</i>	2,8	5,8
<i>Gesso</i>	1,4	7,4
<i>Vidro plano</i>	10,2	21,6
<i>Tintas látex (base seca)</i>	76,0	77,7
<i>Poliestireno</i>	105,0	122,8
<i>Aço</i>	25,7	39
<i>Alumínio</i>	145	261,7

<sup>1</sup> Os consumos energéticos da indústria cimenteira Brasileira são muito inferiores, seja pela superior eficiência energética do processo, seja elevado índice de reciclagem.

TABELA 2.4-Energia requerida para a produção de materiais (Scott, G. & Gilead, D., 1997, apud NAVARRO, 2001).

<i>Material</i>	<i>Energia por peso (kWh/kg)</i>
<i>Alumínio</i>	74,00
<i>Aço</i>	14,00
<i>Vidro</i>	7,93
<i>Papel</i>	7,05
<i>Plástico</i>	3,08

### 2.1.7 Poluição atmosférica

Os poluentes, quando jogados ao ambiente, alteram o funcionamento parcial ou totalmente dos sistemas naturais ocasionando mudanças na vida das comunidades.

O grande acúmulo de gases diversos presentes na atmosfera aumenta a sua retenção de calor e eleva a temperatura da terra, este efeito é chamado de efeito estufa. Esses gases são chamados de gases-estufas em que os principais são: o vapor d'água (H<sub>2</sub>O), o gás carbônico (CO<sub>2</sub>), o ozônio (O<sub>3</sub>), o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e os compostos de clorofluorcarbono (CFC).

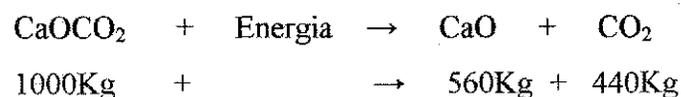
Depois do vapor d'água, o CO<sub>2</sub> é o gás mais importante da atmosfera, é considerado o maior responsável pelo aquecimento global e o seu crescimento que é de forma exponencial, tem como principal causa a queima de combustíveis fósseis em conjunto com a diminuição da área de floresta (JOHN,2000).

Há uma estimativa que por ano são lançados cerca de 7 bilhões de toneladas desse gás e foram feitas simulações que se dobrasse a quantidade de CO<sub>2</sub> presente na atmosfera, ocasionaria um aumento na temperatura média terrestre entre 1,5 a 4,5°C e com isso poderia haver o degelo parcial de geleiras e calotas polares em que comprometeria 60% das áreas litorâneas com o aumento do volume de água dos oceanos.

HAYASHI (2000) diz que essa elevação do nível de água dos oceanos e o aumento da velocidade máxima dos ventos são um dos efeitos do aquecimento global que mais interessa a construção civil.

Apesar de existir poucas dúvidas da ocorrência do efeito estufa, o único fato concreto e que se pode demonstrar é que, ao longo de 150 anos, a expansão industrial acarretou um aumento de 25% nas taxas de gás carbônico lançados na atmosfera.

JONH (2000) afirma que uma das mais importantes fontes de poluição é a fabricação dos materiais de construção. Quando se fabrica o cimento Portland e cal há uma elevada liberação de CO<sub>2</sub>.



Produzindo uma tonelada de clínquer pelo método da via seca, entre 820 a 870kg de CO<sub>2</sub> são despendidos para a atmosfera de acordo com a eficiência do processo e do combustível. Não levando em conta o gás carbônico que é solto na queima de combustível, há uma emissão de cerca de 785kg de CO<sub>2</sub> para a atmosfera com a produção de uma tonelada de cal hidratada calcária (YAMAMOTO *et al*, 1997 apud JOHN, 2000). Deste total 66% origina-se da descarbonatação do calcário e uma

parte deste CO<sub>2</sub>, novamente, é absorvida pela carbonatação de concretos e argamassas. De acordo com a CDIAC (2000), a indústria cimenteira no Brasil contribui entre 6% a 8% do gás carbônico liberado para a atmosfera.

### **2.1.8 Poluição de ambientes interiores**

A cadeia produtiva da construção civil possui uma relação direta com a poluição do ar no interior dos edifícios. As emissões desses poluentes são realizadas pelo solo, por produtos de limpeza, pelas atividades que manuseiam equipamentos como fogões, máquinas de xerox, entre outros e pelos materiais de construção (JOHN, 2000).

Segundo a EPA (1998 c), esses poluentes são compostos orgânicos voláteis, microorganismos, partículas e fibras, poeiras e o radônio.

De acordo com YU; CRUMP (1998) os compostos orgânicos mais significativos são os originários de colas, tintas, plásticos e outros tipos de revestimentos orgânicos formaldeídos e os solventes orgânicos.

Isolantes térmicos fibrosos, carpetes, e abrasão de peças que contêm fibras perigosas originam as fibras respiráveis e de acordo com a intensidade e período de tempo em que uma pessoa fica exposta, essas fibras respiráveis poderão causar dores de cabeça, problemas relacionados com o sistema respiratório e até mesmo o câncer.

Uma das causas de alergias ou outros danos que prejudicam o sistema respiratório são as baixas ventilações junto com microorganismos patogênicos que estão associados com a água decorrentes de infiltrações ou evaporação de água no decorrer do uso. (EPA, 1998c apud JOHN, 2000).

### **2.1.9 Poluição dos nutrientes**

A elevada concentração de nitrogênio, fósforo e potássio têm alguns efeitos como o desequilíbrio do ecossistema provocado pelo crescimento desenfreado de algumas espécies. A chuva ácida, que afeta negativamente as florestas, relaciona-se com o nitrogênio que facilita a geração de ozônio de baixa altitude (JOHN, 2000).

## **2.2 ENTULHO**

### **2.2.1 Terminologia**

Entre os significativos problemas oriundos do aumento do processo de urbanização está a quantidade de volume de resíduos gerado diariamente. O crescimento da população está intimamente ligado com a procura de construções dentro do perímetro urbano e isso contribui para o aumento da geração do resíduo de construção e demolição.

O resíduo da construção e demolição é também chamado de entulho e, segundo a HONG KONG POLYTECHNIC (1993) apud LEVY (1997), esses resíduos são definidos como subprodutos gerados e removidos de construções, reformas e locais de demolição ou canteiro de edificações e de obras de arte de engenharia civil. Nesta pesquisa, o termo entulho da construção civil será o definido por LEVY & HELENE (1997), como sobras ou rejeitos constituídos por todo material mineral oriundo do desperdício inerente ao processo construtivo adotado na obra nova ou de reformas ou demolições.

### **2.2.2 Origem do entulho da construção civil**

LEVY (1997), afirma que o entulho da construção civil poderá ter diversas origens como os advindos de:

- ✓ Catástrofes naturais ou artificiais (incêndio, desabamentos, bombardeios entre outros);
- ✓ A demolição de pavimentos rodoviários de concretos ou de obras que já atingiram a sua vida útil;
- ✓ E deficiências inerentes ao processo construtivo empregado nos dias de hoje.

De acordo com uma pesquisa realizada pelo Departamento de Proteção do Meio Ambiente de Hong Kong, a quantidade de entulho gerado pela cidade provia de cinco fontes, como é indicado na Figura 2.3.

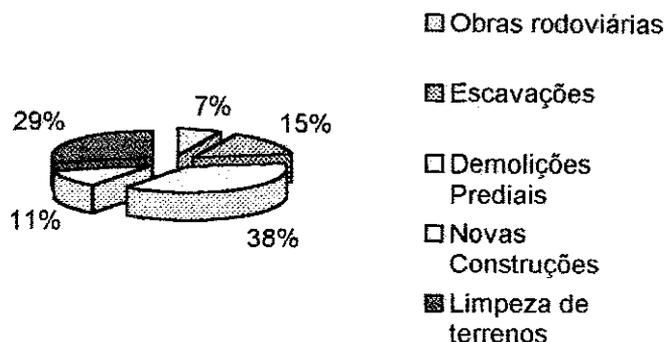


FIGURA 2.3 – Principais fontes geradoras de entulho

No Brasil, ainda não se tem nenhum levantamento que mostre e quantifique as principais fontes geradoras de entulho, porém o levantamento realizado em Hong Kong, não se adequará ao Brasil, devido ao pequeno número de demolições (LEVY, 1997).

Relacionado com o meio urbano, o entulho poderá apresentar-se de três formas: de novas construções, de reformas e de demolições. A cadeia produtiva da construção civil é uma grande consumidora de recursos naturais finitos e provavelmente, ela não poderá diminuir a quantidade de materiais imprescindíveis em uma obra, porque isso comprometeria a qualidade e a segurança das construções (AGOPYAN, 1995).

O elevado índice de perdas é a principal causa de onde origina o entulho, entretanto não é toda perda que se transforma neste resíduo, o desperdício gerado em um canteiro de obras poderá ser de dois tipos: o que está inerente à massa de edificação e o entulho (GRIGOLI, 2000), a quantidade de entulho gerado é equivalente a 50% do material desperdiçado (PINTO, 1995). Em obras de reforma os principais motivos do surgimento do RCD é uma falta de costumes de reutilização e reciclagem e as demolições, como são realizados em processos simples, são causas geradoras de entulho (ZORDAN, 1997).

Uma importante pesquisa sobre perdas na construção, intitulada de programa HABITARE, teve a participação de 18 universidades e 52 empresas e a revelação mais significativa foi a grande variação nas perdas entre as diferentes empresas e canteiros de uma mesma empresa durante a fase de execução. Na Tabela 2.5 são apresentados alguns dos resultados conseguidos pela pesquisa. (JOHN, 2000).

TABELA 2.5- Perdas de alguns materiais de construção civil em canteiros brasileiros (%)

	<i>Cimento</i>	<i>Aço</i>	<i>Blocos e Tijolos</i>	<i>Areia</i>	<i>Concreto Usinado</i>
<i>Min</i>	6	2	3	7	2
<i>Max</i>	638	23	48	311	23
<i>Mediana</i>	56	9	13	44	9

### 2.2.3 Classificações de resíduos

Em uma grande maioria das obras de construções civis, o entulho é considerado como um empecilho que atrapalha o bom andamento das construções e para livrar-se deste “estorvo”, os construtores se aproveitam dos seus componentes minerais serem considerados quimicamente inertes e utilizam como aterros.

Um resíduo é classificado como perigoso se possuir propriedades que o torne perigoso, ou seja, capaz de ocasionar algum efeito prejudicial à saúde humana ou ao meio ambiente (EPA, 1999 apud JOHN, 2000). Em termos gerais, a classificação objetiva de um resíduo é em função da toxicidade, inflamabilidade, corrosividade, reatividade, patogenicidade e radioatividade (NBR 10004).

A NBR 10004 define três tipos de classes de resíduos sólidos: Resíduos Perigosos – Classe I, esta classe exclui os resíduos de tratamento de esgotos, os sólidos domiciliares e os resíduos da construção civil; Resíduos Não Inertes ou de Classe II e os Resíduos Inertes de Classe III (JOHN, 2000).

Está certo que a NBR 10004 classifica os resíduos da construção civil como Resíduos Sólidos – Classificação como resíduos inertes, porém ZORDAN (1997) alerta que esses resíduos são analisados isoladamente e não está disponível o estudo feito com o entulho como um todo em que se garanta que ele ainda seria classificado como resíduos inertes, além disso, os entulhos possuem uma dependência direta com a obra que os originou, ou seja, algumas construções poderiam apresentar materiais que o classificaria como não inertes.

#### 2.2.4 Composição química do entulho

O RCD é um resíduo muito heterogêneo e sua composição é basicamente de:

- Concretos, argamassas e rochas;
- Blocos, tijolos e cerâmicas;
- Solos, areia e argila;
- Asfalto;
- Metais Ferrosos;
- Madeira, LAURIZTEN (1994) recomenda que as madeiras com proteção impermeabilizante ou pintura devem ser consideradas como material poluente e tratada como resíduos químicos perigosos;
- Outros materiais, como plástico, borracha, papel entre outros (CARNEIRO, *et al* 2001).

Na Tabela 2.6, percebe-se a variabilidade da composição dos entulhos originados em algumas regiões e em alguns países.

TABELA 2.6-Composição, em percentagem, do RCD de diversas regiões/países.

<i>Material</i>	<i>Reino Unido</i> <sup>1</sup>	<i>Hong Kong</i> <sup>2</sup>	<i>São Carlos</i> <sup>3</sup>	<i>São Paulo</i> <sup>4</sup>	<i>São Paulo</i> <sup>5</sup>	<i>Ribeirão Preto</i> <sup>6</sup>	<i>Salvador</i> <sup>7</sup>
	<i>Concreto e Argamassa</i>	9	17	69	12	33	59
<i>Solo e Areia</i>	75*	19	-	82*	32	-	22
<i>Cerâmica</i>	5	12	29	3	30	23	14
<i>Rochas</i>	-	23	1	-	-	18	5
<i>Outros</i>	11	28	1	3	5	-	6

\* Solo, areia e Rochas.

-Fontes:

<sup>1</sup> Construction (1996)<sup>2</sup> Hong Kong Polytechnic (1993) apud Levy (1997)<sup>3</sup> Pinto (1989)<sup>4</sup> Castro (1998) (amostragem no aterro de Itatinga).<sup>5</sup> Zordan (1997)<sup>6</sup> Carneiro (2000b)

Na Tabela 2.7, encontram-se dois exemplos da análise qualitativa da fração mineral do entulho realizada por ZORDAN e PAULON (1997) e por PINTO (1987).

TABELA 2.7-Análise Quantitativa da Fração Mineral do Entulho.

<i>Material</i>	<i>Composição média da fração mineral do entulho (%)</i>	
	<i>PINTO (1987)</i> <sup>1</sup>	<i>ZORDAN E PAULON (1987)</i> <sup>2</sup>
<i>Argamassa</i>	64,4	37,6
<i>Concreto</i>	4,8	21,2
<i>Material Cerâmico</i>	29,4	23,4
<i>Pedras</i>	1,4	17,8

<sup>1</sup> Local: cidade de São Paulo, SP, Brasil<sup>2</sup> Local: cidade de Ribeirão Preto, SP, Brasil

Os tipos de obra dominante influenciam na composição do entulho, a Tabela 2.8 mostra claramente isso.

TABELA 2.8-Componentes do entulho em relação ao tipo de obra em que foi gerado.

<i>Componentes Presentes</i>	<i>Trabalhos Rodoviários (%)</i>	<i>Escavações (%)</i>	<i>Sobras de Demolição (%)</i>	<i>Obras Diversas (%)</i>	<i>Sobras de Limpeza (%)</i>
<i>Concreto</i>	48,0	6,1	54,3	17,5	18,4
<i>Tijolos</i>	-	0,3	6,3	12,0	5,0
<i>Areia</i>	4,6	9,6	1,4	3,3	1,7
<i>Solo, poeira e lama</i>	16,8	48,9	11,9	16,1	30,5
<i>Rocha</i>	7,0	32,5	11,4	23,1	23,9
<i>Asfalto</i>	23,5	-	1,6	-	0,1
<i>Metais</i>	-	0,5	3,4	6,1	4,4
<i>Madeira de Construção</i>	0,1	1,1	7,2	18,3	10,5
<i>Papel e Matéria orgânica</i>	-	1,0	1,6	2,7	3,5
<i>Outros</i>	-	-	0,9	0,9	2,0

Fonte: Hong Kong Polytechnic (1993) apud Levy, 1997.

As diferenças observadas na composição do entulho relacionado com o local de origem é conferido aos processos construtivos utilizados em cada situação. Além dos tipos de obras e dos fatores regionais, a técnica de amostragem utilizada, o período de amostragem e o local de coleta da amostra têm relação com a composição do entulho (CARNEIRO, 2001).

### 2.2.5 Destinação do entulho

A maioria dos responsáveis pela produção do entulho não tem nenhum tipo de preocupação com esse material e o jogam em avenidas, estradas e próximos a rios e córregos. O surgimento de caçambeiros pode ter criados locais pré-determinados para a deposição do entulho, entretanto esses locais nem sempre são adequados.

No EUA, foram feitos estudos em velhos aterros em que foi possível o encontro de jornais com 25 a 50 anos de sua edição e era admissível uma leitura perfeita. Se um papel conseguiu durar tanto sem ser degradado, a implicação dos materiais mais perigosos no lençol freático poderia ser aterrorizante. Os aterros

tinham como obrigação proporcionar uma degradação mais controlada. (NAVARRO, 2001).

PINTO (1999) condena a prática de deposições deste resíduo em áreas irregulares e o contínuo aterramento em ambientes urbanos de volumes elevados de entulhos, pois áreas naturais são destruídas com o decorrer do tempo.

### **2.2.6 Gestão corretiva**

Segundo PINTO (1999), gestão corretiva é a solução encontrada pela maioria dos municípios brasileiros para o problema do entulho. Esta gestão acumula atividades que apresentam resultados insatisfatórios e por isso muito ineficientes. Os RCD são depositados em pontos não autorizados, ou seja, em áreas livres próximas. Essas áreas acabam por atrair todo tipo de resíduo que inexista solução de captação rotineira e com isso surge a presença de animais roedores, insetos peçonhentos e insetos transmissores de epidemias perigosas, mostrando uma falta de responsabilidade com o meio ambiente por parte dos usuários. A geração de volumes de RCD de serviços de reformas e ampliação que são classificadas como construção informal são bastante expressivas e o constante aterramento de volumes altos destes resíduos em ambientes urbanos ocasiona a eliminação de áreas naturais. É inseparável à gestão corretiva a presença de áreas irregulares para a deposição dos entulhos e o esgotamento dessas áreas devido a grande quantidade desse resíduo.

As cidades que passaram por um ativo processo de urbanização são forçadas a investir em obras de contenção e reservação temporária dos elevados volumes de água, os chamados piscinões, para preencher o papel que as áreas naturais faziam.

O custo unitário em toneladas para a remoção tanto de entulhos como de outros resíduos sólidos pode atingir valores bem altos. Na cidade de São Paulo, SP, o custo é de R\$ 36,00 (BRITO FILHO, 1998; PINTO, 1999), em Recife, PE, o custo, segundo informações de coletores que atuam no município, atinge a faixa de R\$ 25,00, em Salvador, BA, o custo será de, segundo informações da Empresa de Limpeza Urbana da cidade (LIMPURB), de R\$ 25, 16 para remoção manual e de R\$13,50 para remoção mecânica.

Esses fatores mostram a necessidade de encontrar soluções específicas para os RCD com o adequado envolvimento dos agentes atuantes e a intensa reciclagem de resíduos captados (PINTO, 1999).

### **2.2.7 Gestão diferenciada dos resíduos de construção e demolição**

PINTO (1999) afirma que contra a gestão corretiva está a gestão diferenciada de resíduos que deve ser vista como uma atividade que recupere e resgare o meio ambiente local com o exercício eficaz das competências municipais previstas em leis maiores em documentos recentes como a Lei 9.605 – 12/02/1998, Lei do Meio Ambiente (Brasil, 1998).

Esta gestão propõe uma ampliação de ações dos serviços públicos que visem uma captação total dos resíduos gerados, através de redes de áreas de atração para pequenos e grandes geradores ou coletores, uma reciclagem de resíduos captados e uma alteração de procedimentos e cultura para a utilização de resíduos reciclados para se construir um modelo sustentável. É de suma importância a atuação do município para a regulamentação da atividade dos agentes coletores, da definição dos procedimentos de coleta e do destino final dos resíduos coletados, ou seja, como motivador para a adoção da Gestão Diferenciada dos RCD como um serviço público que tenha como meta o cumprimento dos compromissos com a limpeza urbana e com a qualidade do meio ambiente.

Esta gestão busca um aperfeiçoamento de mecanismos reguladores e econômicos que responsabilizem os geradores de resíduos e desestimulem práticas agressivas e excitem as econômica e ambientalmente sustentáveis (PINTO, 1999).

Essa gestão diferenciada tem como objetivos principais:

- ✓ Diminuição dos custos municipais, tanto com a limpeza urbana, com a destinação dos resíduos e com a correção do impacto causado pela Gestão Corretiva;
- ✓ Deposição facilitada dos pequenos volumes de RCD gerados e um descarte racional dos grandes volumes gerados;
- ✓ O sistema de aterros, o meio ambiente e a paisagem e qualidade de vida nos ambientes urbanos serão preservados;

- ✓ Melhoria da limpeza urbana;
- ✓ Incentivo à redução da geração de resíduos nas atividades construtivas;
- ✓ Uma geração de empregos com a consolidação de novos agentes de limpeza urbana;
- ✓ Estímulo a parcerias para captação, reciclagem e reutilização de RCD.

O modelo de Gestão Diferenciada do RCD sugere uma parceria das municipalidades com a iniciativa privada que pode acontecer sob a forma de concessão, permissão ou autorização do serviço público, ou até sob a forma de simples regulamentação das atividades que se deseja impulsionar. Esta parceria poderá acontecer nos investimentos para a implantação das Centrais de reciclagem e no próprio processo de remoção dos resíduos captados nas pequenas áreas que serão consideradas como a matéria prima das centrais (PINTO, 1999).

#### **2.2.8 Gestão diferenciada do entulho na cidade de Salvador**

Em 1996, na cidade de Salvador, BA, foi desenvolvido pela LIMPURB em conjunto com o Departamento de hidráulica e Saneamento da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia o desenvolvimento de estudos sobre o problema do entulho no município, pois em 1996 havia 420 pontos de disposição clandestina e o volume deste resíduo era cada vez mais heterogêneo, volumoso e associado com o lixo domiciliar gerava doenças, mau cheiro, propagação de insetos e animais nocivos, inundação, deslizamento, obstrução do sistema de drenagem e insegurança no trânsito. A participação do RCD nesta cidade obteve um aumento significativo na última década, o que representava um crescimento de 45,35%, conforme pode ser observado na Tabela 2.9.

TABELA 2.9-Participação do entulho no lixo urbano (1990/2000).

<i>Ano</i>	<i>Total Recolhido</i>		
	<i>Lixo</i>	<i>Entulho</i>	<i>%</i>
1990	638.848	28.264	4,42%
1991	675.791	147.764	21,86%
1992	682.085	185.415	27,18%
1993	684.761	206.083	30,09%
1994	732.665	226.083	30,86%
1995	767.718	227.214	30,00%
1996	845.403	249.445	29,71%
1997	1.071.036	380.477	35,52%
1998	1.278.126	530.324	41,49%
1999	1.294.382	511.008	39,48%
2000	1.671.683	832.007	49,77%

A implantação e a operação do Plano de Gestão Diferenciada de Entulho em Salvador possui duas fases diferentes. A primeira fase é referente à execução de procedimento relacionados à transformação do descarte clandestino em deposição correta e a segunda, é referente ao processo de viabilização da reciclagem de entulho.

Através de um modelo de descentralização do recebimento, do tratamento e do destino final do entulho, foram escolhidas áreas taticamente localizadas, principalmente, as utilizadas de descarte aleatório dos entulhos e próximas aos centros de sua geração. Essas áreas foram denominadas de Posto de Descarga de Entulho (PDE) e de Base de Descarga de Entulho (BDE). Antes de ser instalado as PDEs e as BDEs, foi elaborado um projeto arquitetônico e paisagístico, baseado em Termos de Referência, como opção de gerar a integração do novo equipamento com o terreno escolhido e impedir impactos visuais e constituir uma boa vizinhança com a comunidade local.

Os terrenos para a instalação tanto de PDE com de BDE foram escolhidos com base em alguns critérios como a facilidade de acesso e boas condições de tráfego; inexistência de moradias nas proximidades; uma adequada localização geográfica no Município de maneira que os pontos sejam atendidos a uma distância

de transporte inferior a 15 Km do centro de geração de entulho; disponibilidade de infra-estrutura física; possibilidade de ajustar a utilização do solo com uma nova atividade, evitando-se indisposição ao bem estar e a saúde dos moradores da vizinhança; inclinação da área para recebimento do entulho por ser uma área degradada que necessite de aterramento ou por ser uma área que recebe o entulho de forma aleatória.

As PDEs recebem, reutilizam ou transferem entulhos originados de pequenos geradores com um limite de recepção diária por transportador de 2m<sup>3</sup> e quando o montante atingir a este limite, o transportador será encaminhado para a BDE mais próxima.

As BDEs são áreas grandes que recebem, reutilizam, reciclam ou destinam corretamente o entulho oriundos das PDEs que não possuem limite de recepção ou de grandes geradores. A separação ocorre da seguinte maneira: os componentes de entulho que possuem valor agregado com plástico, papel, madeira, vidro entre outros são incorporados aos processos de coleta seletiva; o entulho bruto composto de argamassa, concreto, entre outros são levados ao núcleo de reciclagem; e os materiais que não entram no processo de reciclagem são conduzidos ao destino final.

A comprometimento de providenciar o transporte de entulho até os locais permitidos para recebê-los e o investimento dos recipientes indispensáveis para um correto acondicionamento no local da obra é do proprietário, do responsável legal ao até mesmo do técnico por uma obra de construção civil ou movimento de terra.

As pessoas físicas ou jurídicas para que realizem o transporte dos entulhos é indispensável o seu cadastramento, que será renovado anualmente e poderá sofrer penalidades decorrentes de infrações, no órgão de limpeza urbana, através de um procedimento que se exige a apresentação do plano de trabalho e uma inspeção dos veículos e equipamentos a serem utilizados (QUADROS; OLIVEIRA, 2001).

Um instrumento importantíssimo para este projeto de gestão diferenciada de entulho na cidade de Salvador, Ba, foi um programa de educação ambiental que tinha como público os empresários da construção civil, pessoas e comunidades que geram entulho, pessoas que transportam o entulho, o pessoal dos depósitos de materiais de construção, enfim toda a população da cidade de Salvador. Este programa envolvia os seguintes tópicos:

- ✓ Consciência
- ✓ Compreensão
- ✓ Habilidade
- ✓ Comportamento
- ✓ Ação participativa

### 2.2.9 Estatísticas

A massa de resíduos de construção e demolição oriundas das cidades é igual ou maior que a massa de resíduo domiciliar. ZORDAN (2001) expõe algumas das estimativas da quantidade de entulho produzido no país e no exterior. Na Tabela 2.10 estão indicadas estas estimativas.

TABELA 2.10-Estimativas da quantidade de entulho produzidos no país e no exterior.

<i>Local Gerador</i>	<i>Geração Estimada (t/mês)</i>
São Paulo	373.000
Rio de Janeiro	27.000
Brasília	85.000
Belo Horizonte	102.000
<i>Brasil<sup>1</sup></i>	Porto Alegre 58.000
	Salvador 44.000
	Recife 18.000
	Curitiba 74.000
	Fortaleza 50.000
	Florianópolis 33.000
<i>Europa<sup>2</sup></i>	16.000 a 25.000
<i>Reino Unido<sup>3</sup></i>	6.000
<i>Japão<sup>3</sup></i>	7.000

<sup>1</sup> PINTO (1987)

<sup>2</sup> PERA (1996)

<sup>3</sup> CIB (1998)

PINTO (1999) apresenta através da Tabela 2.11, uma provável geração total de RCD de alguns municípios e a geração per capita de entulho.

TABELA 2.11-Provável geração total de RCD de alguns municípios e a geração per capita de entulho

<i>Municípios</i>	<i>População</i>	<i>Provável geração total de RCD (t/dia)</i>	<i>Geração per capita de entulho (Kg/habx dia)</i>
<i>Santo André/ SP</i>	625.000	1.013	1.61
<i>São José do Ribeião Preto/ SP</i>	323.000	687	2.12
<i>São José dos Campos / SP</i>	486.000	733	1.51
<i>Ribeirão Preto/ SP</i>	456.252	1.043	2.29
<i>Jundiaí/ SP</i>	293.373	712	2.43
<i>Vitória da Conquista/ BA</i>	242.155	310	1.28
<i>Campinas/SP</i>	850.000	1.258	1.48
<i>Salvador</i>	2.211539	1.453	0.66
<i>Florianópolis</i>	285.281	636.12	2.23

## **2.3 RECICLAGEM**

### **2.3.1 A importância da reciclagem**

Os resíduos gerados sempre existirão tanto para bens de consumo duráveis como estradas, edifícios e pontes ou não duráveis como embalagens descartáveis e a política de proteção ambiental que controla a deposição desses resíduos mostra alguns limites.

Os aterros apresentam quantidades significativas de resíduos não inertes e até mesmo perigosos e para impedir o risco de acidentes destes aterros, que se vierem a ocorrer serão graves, eles precisam ser aperfeiçoados continuamente, e o preço da sua normalização apresentam valores muito altos. Na grande São Paulo, esses valores ultrapassam a US\$ 100/ton. Em relação à toxicidade, a percolação da água de chuva no aterro acarretaria a solubilização e lixiviação de partes de resíduos, contaminando o lençol freático (JOHN, 2000).

Outro limite da deposição dos resíduos é que os aterros controlados são desperdício por um tempo indefinido de um recurso limitado que é o solo. A reciclagem surge como algo que transformará uma fonte de despesa em algo que proporcionará redução desta ou, também, em uma fonte de faturamento. Ela pode gerar vários benefícios como, por exemplo: preservação de recursos naturais limitados; redução de áreas necessárias para aterro; redução de poluição; diminuição do consumo de energia para a produção de um certo bem, pois, em algumas vezes, os materiais já incorporam energia e a inclusão de resíduos no processo produtivo amortizaria a poluição gerada (ÂNGULO, 1998; ZORDAN, 2000).

É indicada na Tabela 2.12 a redução do impacto ambiental em (%) a partir da reciclagem de resíduos na produção em alguns materiais da construção civil.

TABELA 2.12-Redução do impacto ambiental (em %) da reciclagem de resíduos na produção de alguns materiais de construção civil (KANAYAMA, 1997).

<i>Impacto ambiental</i>	<i>Aço</i>	<i>Vidro</i>	<i>Cimento<sup>1</sup></i>
<i>Consumo de energia</i>	74	6	40
<i>Consumo de matéria prima</i>	90	54	50
<i>Consumo de água</i>	40	50	
<i>Poluentes atmosféricos</i>	86	22	<50 <sup>2</sup>
<i>Poluição aquática</i>	76		
<i>Resíduos em geral</i>	105	54	
<i>Resíduos minerais</i>	97	79	

<sup>1</sup>Substituição por 50% de escória de alto forno

<sup>2</sup>Produção de CO<sub>2</sub>

### 2.3.2 Histórico da reciclagem

O início da reciclagem do entulho da construção civil foi nas cidades do Império Romano em que havia obras feitas com agregados de tijolos britados, de acordo com os seguintes autores alemães GRUN (1935); WALZ (1949); HELLER (1958); LAMPRECHT (1984) apud LEVY (1997).

Apesar das técnicas de reciclagem terem sido desenvolvidas sistematicamente a partir de 1928, a utilização significativa do entulho reciclado só foi registrada depois da 2<sup>a</sup> Guerra Mundial para a reconstrução das cidades Européias. Neste período, a falta de materiais de construção aliada a quantidade bastante alta de volume de entulho, estima-se que nas cidades alemãs o volume de entulho alcançava a faixa de 400 a 600 milhões de m<sup>3</sup>, e a necessidade de remover ruínas, fez com que as autoridades locais tivessem a reciclagem como opção para diminuir a custo das operações de limpeza e a demanda de materiais de construção (LEVY, 1997).

HELLER (1958) apud LEVY (1997) mostrou certos dados decorrentes dos resultados da reciclagem obtidos pela Alemanha:

- ✓ Em 1955, cerca de 175.000 unidades habitacionais foram construídas com a produção de 11,5 milhões de m<sup>3</sup> de agregados nas instalações de reciclagem.

- ✓ No final de 1956, a associação das cidades alemãs elaborou uma estatística em que 85% do entulho proveniente da 2ª Guerra Mundial fora removido.
- ✓ Em 1960, o entulho originado da 2ª Guerra Mundial fora removido.

A reciclagem da construção civil ainda encontra algumas barreiras, por não ser uma idéia vastamente propagada ou por falta de informações.

### **2.3.3 Algumas políticas de incentivo a reciclagem**

É necessário reciclar por diversos motivos como: a preservação de recursos naturais não renováveis; preencher a falta de agregados em países desenvolvidos; oferecer uma maneira de desenvolvimento para a indústria de equipamentos de mineração e britagem.

Em 1989 foi criado, pelo estado da Califórnia, EUA, um pacote com 20 leis designado com “Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos”. Este plano visa a prevenção de uma esperada crise nos aterros da Costa Oeste dos Estados Unidos. O estado da Califórnia é forçado a restringir seus depósitos de entulho, e o departamento de transporte desse estado tem que inserir o concreto reciclado nas especificações dos materiais para pavimentação com base e sub-base (LEVY, 1997).

LAURITZEN (1994) apud LEVY (1997) afirma que a taxa de deposição de material potencialmente reciclável foi elevada no governo da Dinamarca. A Inglaterra impôs uma taxa sobre o material que é enviado para aterro (DESAI, 1998 apud JOHN 2000).

Existem programas de certificação para edifícios como o americano LEED (US GREEN BUILDING COUNCIL, 1999 apud JOHN, 2000) e inglês BREEAM (BALDWIN *et al.*, 1998 apud JOHN, 2000) que inserem condições de teor mínimo de produtos reciclados. Para um edifício ganhar o selo americano é indispensável que os produtos que representem 20% do custo dos materiais sejam formados com um mínimo de 40% de resíduos industriais ou 20% de resíduos pós-consumo.

Excluindo a grande reciclagem praticada pela indústria de cimento, que recicla cerca de 5 milhões de toneladas por ano de escória de alto-forno, cinzas volantes, pneus entre outros e pela indústria aço, pois o reforço de concreto armado produzido no país origina-se do arco elétrico, que usa a sucata de aço como matéria

prima primordial, e a reciclagem desta sucata, em 1997, evitou a formação de aproximadamente 2,3 milhões de toneladas de resíduos e de 11 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> e economizou 6 milhões de toneladas de minério de ferro, a reciclagem de resíduos de materiais de construção é pouco difundida, no Brasil.

Algumas causas deste atraso são o pouco espaço dado a agenda de discussões políticas que envolvem a questão do desenvolvimento sustentável e o fato da questão ambiental do Brasil ser voltada para a preservação de florestas e animais em extinção, o controle da correta deposição de resíduos em aterros e o controle da poluição do ar (JOHN,2000).

O antigo Ministério da Indústria, Comércio e Turismo criou, através de uma portaria de agosto de 1998, uma proposta do Programa Brasileiro de Reciclagem que deverá alargar mecanismos que aceitem aumentar e valorizar o uso de matérias primas, resíduos industriais, agropecuários e minerais e o desenvolvimento do parque nacional reciclador. A portaria tinha estabelecido um prazo de 90 dias para concluírem o trabalho, entretanto eles ainda não foram nem iniciados.

No mercado brasileiro, não existe nenhum tipo de certificação ambiental para edifícios, como o selo americano, e para produtos de consumo imediato. A falta deste selo se traduz em um empecilho no ingresso de produtos contendo reciclagem e é uma referência de atraso de uma agenda ambiental mais atuante (JOHN, 2000). Um avanço importante foi a criação do chamado selo verde a partir da Lei nº 10.311 promulgada no dia 12 de maio de 1999 do Estado de São Paulo. Este selo era dado pela CETESB a estabelecimentos que executem programas para a proteção e preservação do meio ambiente, com o correto cumprimento de normas ambientais (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1999).

As experiências brasileiras são circunscritas em ações das municipalidades que procuram abrandar os custos e o impacto ambiental negativo devido a deposição da elevada massa de entulho (PINTO, 1999).

O grande sucesso da reciclagem brasileira são as latas de alumínio, isso se deve ao alto preço da matéria prima no mercado e o grande consumo de energia para a produção do alumínio, fez-se necessário que os produtores de lata desenvolvessem a reciclagem desse material (JOHN,2000).

### 2.3.4 Reciclagem na construção civil

O grande complexo da construção civil é um grande consumidor de recursos naturais. Ele consome uma multiplicidade de materiais que poderão ser minerais/silicosos, poliméricos ou metálicos, agregados, plástico, produtos de origem vegetal e metais diversos (AGOPYAN, 1988 apud JOHN, 2000).

Os agregados são utilizados para pavimentos, concretos e argamassas e elementos de alvenaria. Esses componentes são de produção simples tipicamente regional (JOHN, 2000).

A grande parte dos elementos de construção são de fabricação simples, por exemplo, se for reciclar o vidro como um tipo de agregado para concreto asfáltico não exige nenhum tipo de classificação, entretanto se for utilizado para reciclar vidro, necessita da classificação de cor.

Agregados reciclados ao contrário dos tradicionais podem ser utilizados como concretos leves, concretos pesados, bases de rodovias entre outros, e isso, poderia implicar em uma redução da quantidade de capital para a implantação da unidade de reciclagem.

É necessário que a cadeia produtiva da construção civil seja capaz de reciclar os seus próprios resíduos e assim diminuir sua responsabilidade ambiental, além disso, a reciclagem oferece uma maior quantidade de produtos alternativos para uma mesma função (JOHN, 2000). Porém, para que a reciclagem na construção civil aconteça e seja eficiente é imprescindível que ela ultrapasse algumas barreiras.

Uma limitação bastante clara da construção civil é a dificuldade de introduzir novas tecnologias no seu próprio campo. As causas desta limitação poderão ser:

- ✓ Uma causa econômica que se traduz no pouco impacto da inovação tecnológica nos custos do empreendimento imobiliário (JOHN, 2000).
- ✓ Duas causas técnicas: a primeira é o histórico brasileiro recente de novas tecnologias que resultaram em desempenhos insatisfatórios e a segunda é a existência de normas prescritivas, que especificam a adoção de uma solução e não de um desempenho (JOHN, 1995).

A causa econômica poderá ser vencida com produtos que apresentem outros tipos de benefícios competitivos frente aos tradicionais e por ações do poder público. Estas ações poderão ser isenções fiscais para produtos contendo resíduos (PINTO, 1999), encarecimento de taxas para deposição de resíduos e o estabelecimento da obrigação de um conteúdo mínimo de materiais reciclados em um certo produto (JOHN, 2000).

As causas técnicas poderão ser ultrapassadas com a demonstração de que o material reciclado apresenta desempenho técnico e ambiental igual, ou melhor, à opção tradicional e essa demonstração seria realizada por uma entidade de terceira parte (VRIJLING, 1991 apud JOHN, 2000). Além disso, existe a opção dos documentos de Aprovações Técnicas, sistemas de certificação que tem como referencial a teoria do desempenho e as certificações de produto (LAURITZEN, 1998 apud JOHN, 2000).

#### **2.3.4.1 Equipamentos utilizados para a reciclagem do entulho da construção civil**

Com o intuito de decidir qual equipamento apresenta um desempenho mais satisfatório na britagem do concreto antigo, uma empresa holandesa estudou uma grande variedade de equipamentos.

Na Tabela 2.13, encontram-se algumas informações sobre os equipamentos, como o tipo de agregado que produz e suas características fundamentais (LEVY, 1997).

TABELA 2.13-Equipamentos de britagem usados na reciclagem de entulhos.

<i>EQUIPAMENTO</i>	<i>Produtos Fornecidos</i>	<i>Características do equipamento ou dos materiais fornecidos</i>
Britador de Mandíbula.	Agregados graúdos	A distribuição granulométrica dos agregados é ideal para a produção de concretos estruturais
Cone de Britagem.	Agregados graúdos	Processa material com $D_{max}$ maior ou igual a 200mm
Moinhos de Martelos Rotativos ou Britador de Cilindros.	Agregados miúdos	Produzem material de granulometria fina
Britadores de Impacto (De PAUW, 1980; OFFERMAN, 1986)	Agregados graúdos	Os agregados obtidos possuem granulometria ideal para a aplicação em obras rodoviárias
Moinho de Rolos (CATÁLOGOS) <sup>1</sup>	Agregados miúdos	O processo de moagem e produção de argamassa é simultâneo

<sup>1</sup> Catálogo do fabricante moinho- argamasseira

SCHULZ (1988); KASHINO & TAKAHASHI (1988); KAGA *et al.* (1988); KAKIZAKI *et al.*(1988) apud LEVY (1997) afirmam que os britadores pesquisados produzem a mesma porcentagem de partículas cúbicas no agregado reciclado e parece que a britagem secundária melhora as propriedades dos agregados reciclados.

Se forem reciclados resíduos de demolição, deverá utilizar um processo que adapte o tamanho individual dos destroços a serem reciclados ao tamanho máximo suportado pelo britador primário da instalação de reciclagem.

Os britadores de mandíbula são utilizados em processos de reciclagem de resíduos de concreto simples ou pouco armados. Para a reciclagem de resíduos de concreto densamente armados, o equipamento mais adequado é o britador de impacto. Essas são algumas informações relacionadas por HANSEN (1992) apud LEVY (1997) apresentadas na literatura e aplicadas nos dias de hoje sobre os britadores e equipamentos usados na reciclagem de entulhos.

#### 2.3.4.2 Usinas de reciclagem de entulho

No Brasil, a bandeira de reciclagem começa a ser levantada pela iniciativa de algumas prefeituras com a instalação das usinas de reciclagem de entulho.

Desde 1993, a prefeitura vem ampliando em Belo Horizonte, MG, através da Superintendência de Limpeza Urbana (SLU), um programa com obras voltadas para a correção dos problemas ambientais causados pela deposição clandestina de entulhos (CHENNA, 2001).

O sistema de reciclagem de entulho desta cidade foi bastante eficiente. O projeto iniciou-se através de um diagnóstico detalhado sobre os pontos de deposição clandestina e com isso conclui-se que o município necessitaria de quatro usinas de reciclagem em lugares estratégicos e mais 17 pontos de recepção próximos a depósitos clandestinos (CONSTRUÇÃO, 1996).

De acordo com CONSTRUÇÃO (1996a), a primeira das quatro usinas de reciclagem dos resíduos de construção e demolição deste município começou a funcionar em dezembro de 1995. A usina custou abrangendo equipamentos e obras civis cerca de 150 mil dólares. Se fosse recolhido, transportado e aterrado o entulho, o custo seria de 18 dólares/t e com a reciclagem o custo cairia para 10 dólares/t.

Quando foi instalada essa usina a vizinhança reagiu mal, pois achava que haveria desvalorização da área, sujeira e mau cheiro e isso atrasou a inauguração da usina em 16 meses, esta fase foi superada, pois os moradores constataram que não há ruídos nem nuvens de pó.

A segunda usina de Belo Horizonte, MG não teve problema com os moradores do bairro, pois a usina foi instalada em uma área bonita que devido as deposições clandestinas encontrava-se em processo de degradação (CONSTRUÇÃO, 1996).

CHENNA (2001) afirma que para o funcionamento das usinas de reciclagem é necessária visita da população antes e após a sua implantação, de criação de eventos artísticos na inauguração das unidades de reciclagem, enfim, é imprescindível o contato direto das mesmas com a população.

A revista TÉCHNE (1995) diz que uma etapa importante deste programa, que já foi implantado na região oeste de Belo Horizonte, é a instalação de uma rede

de 4 estações de recepção de resíduos e nucleamento de coletores. Ocorrerá, gratuitamente, a recepção de volumes de até 2 m<sup>3</sup> de todos os tipos de resíduos. Nas estações haverá atendimento telefônico ao público para a retirada dos volumes e serão feitas a classificação e organização das variedades dos resíduos para obtenção de uma retirada racionalizada.

Com essa iniciativa e mais as estações de reciclagem previstas, junto com o trabalho de fiscalização e educação ambiental, estima-se uma reciclagem de 8,8 mil t/mês que implica diretamente em uma produção de 5500m<sup>3</sup> de agregados reciclados. Em 2000, cerca de 95.212 toneladas de entulho foram reciclados em Belo Horizonte e registradas 49.065 entregas espontâneas de resíduos nas unidades de recebimento de pequenos volumes (CHENNA, 2001).

Observa-se na Tabela 2.14 a composição dos resíduos sólidos recebidos em Belo Horizonte, MG, (PINTO, 1999).

TABELA 2.14-Composição dos Resíduos sólidos recebidos em Belo Horizonte, MG (1996)<sup>1</sup>

<i>Tipos de resíduos recebidos (porcentagem do volume)</i>					
<i>RCD</i>	<i>Podas</i>	<i>Madeira</i>	<i>Volumosos</i>	<i>Embalagens</i>	<i>Rejeitos</i>
81%	9%	4%	1%	2%	3%

<sup>1</sup> Estação Barão 300, média de 6 meses (SLU, 1999)

A prefeitura da cidade de Belo Horizonte, MG está colocando em prática um sistema de reciclagem realizado pelo I&T e original pela sua forma descentralizada. A captação ordenada dos resíduos em conjunto com a iniciativa de reciclagem tem como objetivo um material de construção mais barato e uma melhor qualidade do ambiente urbano (TÉCHNE, 1995). CHENNA (2001) diz que a prefeitura deste município utiliza o material reciclado em obras de via pública, obras de manutenção de instalações de apoio à limpeza urbana e em obras de infraestrutura em vilas e favelas.

ZORDAN (1997) diz que a usina de Ribeirão Preto, SP, foi inaugurada em setembro de 1996. A usina não está, ainda, em pleno funcionamento, porém a prefeitura já utiliza o seu material em sub-bases de estradas, calçamento de

concretos, contenção de encostas e em blocos de concreto que foram empregados na construção de uma guarita em um bosque do município.

A linha de produção desta usina depois do descarregamento das caçambas no pátio constitui-se das seguintes fases:

- ✓ Avaliação visual da qualidade do entulho que é descarregado;
- ✓ Separação feita manualmente dos materiais que não são usados como agregados na cadeia produtiva da construção civil;
- ✓ Alimentação do equipamento de moagem com o entulho antecipadamente limpo;
- ✓ Moagem dos resíduos;
- ✓ Empilhamento dos Resíduos.

Na América do Norte, a reciclagem é avaliada pelas empresas privadas com um negócio bastante lucrativo, algumas empresas possuem equipamentos sofisticados para a separação dos materiais e, conseqüentemente, melhora a qualidade do material reciclado e a eficiência do sistema (WASTE AGE, 1992 apud ZORDAN, 1997).

Na Holanda, 14 milhões de toneladas/ano dos resíduos de construção e demolição possuem condições para a reciclagem. A CONCRETE (1993) forneceu dados da quantidade desses resíduos processados na Holanda, que estão na Tabela 2.15.

TABELA 2.15-Quantidade de Resíduos de Construção e Demolição processados na Holanda

<i>Material</i>	<i>1988 (t x 10<sup>6</sup>)</i>	<i>1990 (t x 10<sup>6</sup>)</i>	<i>1991 (t x 10<sup>6</sup>)</i>
<i>Resíduos de Concreto</i>	0,6	1,2	1,0
<i>Resíduos de Alvenaria</i>	1,2	2,7	2,6
<i>Resíduos Misturados</i>	0,4	0,3	0,7
<i>Resíduos de Asfalto</i>	0,8	0,9	0,8
<i>Outros*</i>	1,9	1,1	1,7
<i>Total</i>	4,9	6,2	6,8

\* terra, areia, lama, gesso, plástico e madeira.

Há locais que promovem a reciclagem dos materiais que tem condição de reuso e aterram os materiais que não podem ser utilizados como a empresa Kimmins Recycling Corp. que criou nas áreas urbanas da Flórida, EUA, uma rede de aterros de resíduos de C&D. Esta empresa possui uma usina ao sul de West Palm Beach que negocia aproximadamente 60 mil t por ano de material. A empresa Route 110 Sand & Gravel, nos primeiros nove meses de 1991, recebeu uma base de 168.000m<sup>3</sup> de material dentre os quais reciclou mais de 38.200m<sup>3</sup> de resíduos de concreto.

De acordo com dados fornecidos pelo New York State Department of Environmental Conservation (NYSDEC), existe cerca de 30 unidades legais de reciclagem de entulho que processam 2,75 milhões de toneladas por ano de resíduos gerados no estado.

Com a reciclagem, a capacidade dos aterros é aumentada. Em São José, Califórnia, um aterro de resíduos aumentará a sua vida útil que é de 35 anos devido à reciclagem.

A reciclagem, também, é vista como um meio viável para os problemas dos resíduos oriundos de catástrofes. Uma unidade de reciclagem na Califórnia, o Zanker Material Recovery Systems, teve muito sucesso em mais de 19.000m<sup>3</sup> de entulho oriundo do terremoto ocorrido em 1989 em São Francisco (BIOCYCLE, 1990).

A empresa Community Recycling localizada em Sun Valley, Los Angeles, recebeu em novembro de 1994, aproximadamente, 2.500t diárias em que 80% era reciclado oriundos de um terremoto que ocorrera neste mesmo ano nesta região (BIOCYCLE, 1994).

Na Tabela 2.16, PINTO (1999), mostra os parâmetros de custo e características de equipamentos para a reciclagem de resíduos de construção e demolição.

TABELA 2.16-Custos e características de equipamentos para a reciclagem de RCD.

<i>Características do conjunto de Reciclagem</i>	<i>Produção Nominal (1) e Produtos</i>	<i>Preço Estimado (2)</i>
Alimentador vibratório, britador de mandíbulas “tipo 4230” (3) e transportador de correia de ação radial.	90t/dia de “brita corrida”(4).	R\$ 80.000
Alimentador vibratório, britador de mandíbulas “tipo 4230” e transportador de correia de ação radial, moinho de martelos, peneira vibratória elevada sobre baias fixas.	90t/dia de “brita corrida” ou agregados classificados.	R\$ 90.000
Alimentador vibratório, britador de impacto “tipo 20 TPH” (5), transportador de correia de ação radial.	130t/dia de “brita corrida”.	R\$ 130.000
Alimentador vibratório, britador de impacto “tipo 40 TPH”, transportador de correia de ação radial, peneira vibratória e transportadores auxiliares fixos.	260t/dia de “brita corrida” ou agregados classificados.	R\$ 170.000

(1) Produção medida na britagem de entulho, em regime de 6,5 horas produtiva diárias.

(2) Preços médios orçados em 1998.

(3) É a designação corrente no mercado para equipamentos com boca retangular de alimentação nas medidas de 42 por 30 centímetros.

(4) É o produto primário da britagem, sem classificação granulométrica definida.

(5) Toneladas por hora – unidade de medida da produção em britagem

### 2.3.4.3 Reciclagem no canteiro de obras.

CAMARGO (1995) diz que a reutilização do entulho na própria construção possibilita resultados significativos. Empresas como a Testin-Tecnologia de Materiais, Betontec-Tecnologia e Engenharia, e Teste-Engenharia do Concreto realizaram análises de comparação entre a argamassa tradicional e outra proveniente do entulho e vários ensaios de desempenho e os principais resultados revelaram que o produto feito de entulho chega a oferecer uma resistência praticamente três vezes superior à argamassa tradicional.

GRIGOLI (2000) alerta que tanto o concreto como a argamassa produzida pelo entulho de obra, possui características próprias, e não podem ser utilizados em peças de estruturas de concreto armado com elevadas cargas de compressão e/ou tração, ele diz, também, que a determinação do fator água/cimento tanto para o

concreto como para a argamassa, oriundos do entulho inorgânico, fica preso a consistência necessária para a sua aplicação.

PINTO (2000) afirma que a gestão dos RCD no próprio canteiro está no alcance de qualquer município da federação. O PBQP-H (Programa Brasileiro para a Qualidade e a Produtividade na Construção Ambiental) deverá analisar a introdução da reciclagem como a condição explícita para o atendimento da cláusula ambiental, prevista no requisito 2.4 – Plano da Qualidade de Obras do SIQ - Construtoras (Sistema de Qualificação de Empresas de Serviços e Obras), pois as políticas que apontam para uma melhoria de todos os processos e um respeito ao consumidor deverá induzir a responsabilidade com o meio ambiente.

Na Tabela 2.17, encontram-se as principais características dos equipamentos para reciclagem em canteiro de obras.

TABELA 2.17-Algumas características dos equipamentos para reciclagem em canteiros de obras.

<i>Equipamento</i>	<i>Funcionamento</i>	<i>Produto Gerado</i>	<i>Capacidade de Produção</i>	<i>Motorização adotada</i>	<i>Preço Aproximado</i>
Masseira-moinho	Trituração a úmido por ação de rolos	Agregados miúdos p/uso como argamassa	2,0 m <sup>3</sup> /h	7,5 CV	R\$ 16.000
Britador de mandíbulas	Trituração por compressão de mandíbulas	Agregados miúdos e graúdos	2,0 a 3,0 m <sup>3</sup> /h	15 CV	R\$ 11.000
Moinho de martelos	Trituração por impacto de martelos giratórios	Agregados miúdos e graúdos	1,4 a 1,8 m <sup>3</sup> /h	15 CV	R\$ 9.000
Moedor de caliça	Trituração por mandíbulas e ação de rolos laminadores	Agregados miúdos e graúdos	0,5 a 1,0 m <sup>3</sup> /h	3,0 CV	R\$ 4.500

### 2.3.5 Agregados reciclados

Agregados Reciclados é a denominação usada tanto para alguns autores como pela Réunion Internationale des Laboratories d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions (RILEM) para os materiais resultantes do processo de reciclagem dos resíduos de construção e demolição.

Na operação de britagem, o agregado reciclado é uma combinação de agregado graúdo e miúdo (CARNEIRO, *et al.*, 2001).

#### 2.3.5.1 Forma, textura e granulometria obtidos pela reciclagem do entulho.

RAVINDRARAJAH & TAM (1985) apud LEVY (1997) afirmam que a forma dos agregados reciclados é mais angular do que a dos agregados naturais.

Por conter muitas partículas angulares, os concretos preparados com agregados miúdos reciclados são mais consistentes e apresentam uma melhor trabalhabilidade do que os concretos preparados com agregados naturais utilizando-se o mesmo traço (HUISMAN & BRISTON, 1981 apud LEVY, 1997).

A textura dos agregados reciclados é classificada com ásperas a muito ásperas ao contrário dos agregados naturais que apresentam uma textura polida (HAMSSAKI *et al.*, 1996).

A fração grossa do agregado reciclado apresenta uma boa distribuição granulométrica para quase todos os empregos dos agregados em construção. No entanto, cuidados devem ser tomados com o uso da fração menor do que 2mm desse tipo de agregado, pois o uso deste material sem as precauções devidas poderá influenciar propriedades como a resistência mecânica e o consumo de água (CARNEIRO, *et al.*, 2001).

Na Tabela 2.18 encontra-se a distribuição granulométrica de um agregado reciclado obtido em um laboratório com britador de mandíbulas. A abertura das mandíbulas foi ajustada para 24,8 mm na sua distância mínima.

O britador de mandíbulas continha três corpos de prova de 15 x 30 cm partidos ao meio de concretos antigos.

TABELA 2.18-Granulometria dos agregados de concreto reciclado (HANSEN; NARUD, 1983 apud LEVY, 1997).

<i>Dimensão dos grãos dos agregados (mm)</i>	<i>Porcentagem acumulada, de material britado, retida (%) estimada em nas diversas peneiras em função do concreto britado.</i>			<i>massa do material britado</i>
	<i>Concreto de elevada resistência a/c=0,40</i>	<i>Concreto de média resistência a/c=0,40</i>	<i>Concreto de baixa resistência a/c=0,40</i>	
>30	3,0	4,2	3,2	0
30-20	27,4	31,9	27,6	32
20-10	35,9	33,2	33,5	34
10-5	14,7	13,4	13,2	17
< 5	19,1	17,3	22,5	17

Estudos realizados no Japão, afirmaram que, independentemente da qualidade do concreto original, 20% em massa abaixo de 4,8mm é produzido de agregado reciclado fino quando o concreto velho é britado em um britador de mandíbula de abertura equivalente a 33mm. Na proporção que a abertura do britador aumenta, a porcentagem de material inferior a 4,8mm diminui (LEVY, 1997).

Na Tabela 2.19, encontra-se o dado obtido nas pesquisas elaborado pela B.C.S.J. (1978) e RAVINDRARAJAH & TAM (1985) apud LEVY (1997).

TABELA 2.19- Porcentagem de material que passa na # 4,8mm

<i>Abertura da Mandíbula</i>	<i>B.C.S.J (1978).</i>	<i>RAVINDRARAJAH E TAM (1985).</i>	
	<i>(%) de agregado reciclado fino que passa na #4,8mm</i>	<i>Resistência do concreto reciclado (MPa)</i>	<i>(%) de agregado reciclado fino que passa na # 4,8mm</i>
60	14,1	22	26,5
80	10,6	30	25,7
120	7,0	37	23,1

### 2.3.5.2 Principais diferenças entre agregados reciclados e agregados convencionais

Nos agregados reciclados, há uma determinada quantidade de argamassa de concreto original aderida a sua superfície e isso ocasiona por parte destes uma maior absorção de água e uma maior deformabilidade em relação com os agregados naturais é esta a principal diferença entre os agregados reciclados e os convencionais (JOHN, 2000).

Nas Tabelas 2.20 e 2.21 estão registradas algumas diferenças entre os agregados naturais e os reciclados.

TABELA 2.20-Propriedades dos agregados naturais e reciclados (HASABA *et al.*, 1981 apud LEVY, 1997).

<i>Tipo de agregado</i>	<i>Massa específica</i> <i>(Kg/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Absorção</i> <i>de água (%)</i>	<i>Quantidade</i> <i>de argamassa aderida</i> <i>em volume</i> <i>%</i>
Agregado natural D <sub>máx</sub> = 14,8mm	2700	1.14	-
Agregado reciclado D <sub>máx</sub> = 24,8mm; a/c=0,42.	2430	6.76	38.4
Agregado reciclado D <sub>máx</sub> = 24,8mm; a/c=0,53.	2430	6.93	36.7
Agregado reciclado D <sub>máx</sub> = 24,8mm; a/c=0,74.	2430	7.02	35.5
Agregado reciclado miúdo D <sub>máx</sub> < 24,8mm.	2310	10.9	-

TABELA 2.21-Massa específica e absorção de água de agregados reciclados de argamassa (HANSEN; NARUD, 1983 apud ZORDAN, 1997).

<i>Água/cimento</i>	<i>Faixa granulométrica</i>	<i>Massa Unitária</i>	<i>Absorção de água (%)</i>
	4-8	2036	17,0
0,40	8-16	2060	17,0
	16-32	2148	15,6
	4-8	2041	17,0
0,70	8-16	2060	16,2
	16-32	2091	15,8
	4-8	2070	16,5
1,20	8-16	2068	16,5
	16-32	2081	16,5

LEVY (1997) alerta que as tabelas mencionadas referem-se a agregados de origens distintas, portanto não se pode dizer claramente à época que estes valores foram comparados.

Analisando as tabelas, percebe-se que os agregados reciclados de argamassa apresentam valores de grau de absorção de água superiores, comparando-se com os agregados naturais.

### 2.3.6 Impurezas encontradas no entulho

O comportamento dos materiais produzidos com o agregado reciclado poderá ser prejudicado com a presença de algumas substâncias que são consideradas impurezas no entulho em determinadas quantidades como, por exemplo, o gesso, a cerâmica refratária, o betume e os polímeros conseqüente de selagens impermeabilizantes das juntas, os fillers expansivos que também procede de juntas, a matéria orgânica, agregados leves, metais, vidros, argilas e solo em geral, os cloretos, várias substâncias reativas e concreto de cimento aluminoso (GEHO, 1997 apud CARNEIRO, 2001).

LEVY (1997) afirma que esses contaminantes presentes no entulho implicaria diretamente em um concreto de baixa durabilidade ou a diminuição dos valores de suas propriedades mecânicas.

GEHO (1997) apud CARNEIRO (2001) ressalta que uma substância poderá ser considerada impureza para uma aplicação do agregado reciclado e para outra ser considerado um material inerte. Os agregados reciclados que na sua composição apresentam partículas de gesso podem ser usados para execução de camadas de pavimentos. No entanto, a utilização de teores de aproximadamente 6% deste material poderá acarretar uma diminuição de 15% na resistência do concreto. O aparecimento do gesso em materiais que são produzidos com Cimento Portland pode provocar fenômenos expansivos.

LEVY (1997) mostra através da Tabela 2.22 os teores de impurezas em relação ao volume de agregados capazes de ocasionar uma diminuição de 15% na resistência a compressão.

TABELA 2.22-Teores de impurezas em relação ao volume de agregados

<i>Tipo de impureza</i>	<i>Argamassa de Cal</i>	<i>Solos</i>	<i>Madeira</i>	<i>Gesso Hidratado</i>	<i>Asfalto</i>	<i>Tintas base PVA.</i>
<i>Volume em % de agregado</i>	7	5	4	3	2	0,2

### 2.3.7 Principais usos para os produtos obtidos através da reciclagem do entulho da construção

LEVY (1997) afirma que os principais usos para o entulho da construção civil são os seguintes:

- ✓ Deposição em aterros ou bota-foras;
- ✓ Aplicação em um processo de reciclagem que produzirão agregados para serem utilizados na estabilização de sub bases em estradas vicinais, na produção de concretos que serão usados em obras

estruturais, pavimentos rodoviários ou na elaboração de argamassa e na preparação de elementos pré-moldados.

### **2.3.7.1 Utilização em pavimentação**

Na forma de brita corrida ou em misturas do rejeito com o solo, seu uso na pavimentação é o tipo mais simples de reciclagem. O uso em pavimentação apresenta algumas vantagens com o fato de que poderão ser usados todos os elementos minerais contidos no entulho, sem precisar separar nenhum deles; há uma menor utilização de tecnologia, portanto o custo do processo é menor; o resíduo se torna mais eficiente do que as britas quando for adicionado aos solos saprolítico; uma economia maior de energia na moagem do entulho, pois quando ele for usado no concreto, uma parcela do material continua com granulometria graúda e o entulho que é oriundo de demolições e de pequenas obras que não toleram o investimento em equipamentos de trituração poderá ser mais utilizado. Algumas administrações municipais como Ribeirão Preto, São Paulo e Belo Horizonte utilizam este tipo de reciclagem em que sua eficácia já foi comprovada cientificamente (ZORDAN, 1997).

### **2.3.7.2 Utilização como agregado para concreto**

Os agregados convencionais como a areia e a brita são substituídos pelo entulho processado nas usinas de reciclagem. Pesquisas já confirmaram a eficiência do processo, no entanto fatores como o relacionado com a durabilidade do concreto produzido ainda precisam ser analisados. As prefeituras de São Paulo e a de Ribeirão Preto localizadas no estado de São Paulo já usam blocos de concreto feitos com o entulho reciclado. Apesar da presença de faces polidas em materiais cerâmicos interferir negativamente na resistência à compressão do concreto produzido, sua utilização como agregado para concreto apresenta vantagens como uma economia maior de energia na moagem do entulho, pois quando ele for usado no concreto, uma parcela do material continua com granulometria graúda.

O entulho processado pelas usinas de reciclagem substitui simultaneamente a areia e a brita em uma mistura tradicional com cimento e água, em que a água, devido a elevada absorção do entulho, é utilizada em quantidade bastante superior (ZORDAN, 1997).

### **2.3.7.3 Utilização com agregado para a confecção de argamassas**

Depois que o entulho é moído em equipamentos localizados na própria obra chamados de “argamasseiras”, ele é usado como argamassas de revestimento e assentamento. O efeito pozolânico do entulho triturado, a diminuição do consumo de cimento e cal, a resistência a compressão adquirida pelas argamassas e a eliminação dos custos com transporte são importantes vantagens deste tipo de reciclagem. Entretanto, devido a presença de finos em quantidades elevadas no entulho moído, as argamassas de revestimento oferecem problemas de fissuração. Este tipo de reciclagem está sendo muito utilizado por construtoras do país e várias pesquisas estão tentando resolver as barreiras desta técnica.

A fração mineral do entulho é colocada junto com uma mistura de cimento, areia e água em uma caçamba de piso horizontal em que dois rolos moedores giram em torno de um eixo central vertical que proporcionam a moagem e homogeneização da mistura (ZORDAN, 1997).

### **2.3.8 Impactos da reciclagem**

A reciclagem de um resíduo deverá ser sensata e avaliar todas as alternativas admissíveis em relação ao gasto de energia e matéria prima pelo processo de reciclagem escolhido, pois como qualquer outra atividade humana este processo poderá acarretar danos ao meio ambiente devido ao tipo de resíduo, o uso escolhido para o material reciclado e a tecnologia empregada, pois a reciclagem pode gerar resíduos que poderão ser mais prejudiciais ao homem e ao meio ambiente do que o resíduo que está sendo reciclado.

Em algumas vezes, além da energia utilizada para a transformação do resíduo, necessita-se, também, de materiais primas para modifica-lo tanto física quanto quimicamente.

Outro tópico a ser ponderado é o risco tanto à saúde dos usuários do material reciclado como à saúde dos próprios trabalhadores da indústria recicladora, devido a lixiviação de frações solúveis e da evaporação de frações voláteis. Os resíduos em algumas vezes são formados por elementos perigosos e esses elementos mesmo quando inertes em materiais reciclados poderão apresentar riscos, pois não é confiável a imobilização desses componentes em processo de reciclagem (ZORDAN, 1997; JOHN, 2000).

Não é possível o alcance de informações reais do processo com o desenvolvimento de um novo produto, contudo, através de consultas a especialistas, pode-se reunir dados tanto quantitativos como qualitativos que orientem o processo de decisão (JOHN, 2000).

### *Capítulo III*

## METODOLOGIA

### **3.1-O município da Campina Grande, PB**

Campina Grande situa-se na Região Nordeste do Brasil, distante 122km de João Pessoa, capital do estado da Paraíba. Este município possui 355.331 habitantes, segundo o censo de 2001 do IBGE, se localiza entre o alto sertão e a posição litorânea, no planalto da Borborema.

Este município apresenta clima tropical semi-úmido, temperatura média anual em torno de 22<sup>o</sup>C, umidade relativa do ar variando entre 75% a 83%. Ela proporciona uma privilegiada localização, equidistante em relação a todos os principais centros do Nordeste, com 7° 13' 11" de latitude Sul e 35° 52' 31" de latitude Oeste de Greenwich.

A cidade polariza um universo de cinco micro-regiões homogêneas, num total de 23.960Km<sup>2</sup>, que corresponde a 43% do território paraibano e 40% da população do Estado - o "Compartimento da Borborema".

A Figura 3.1 apresenta um mapa do município de Campina Grande.

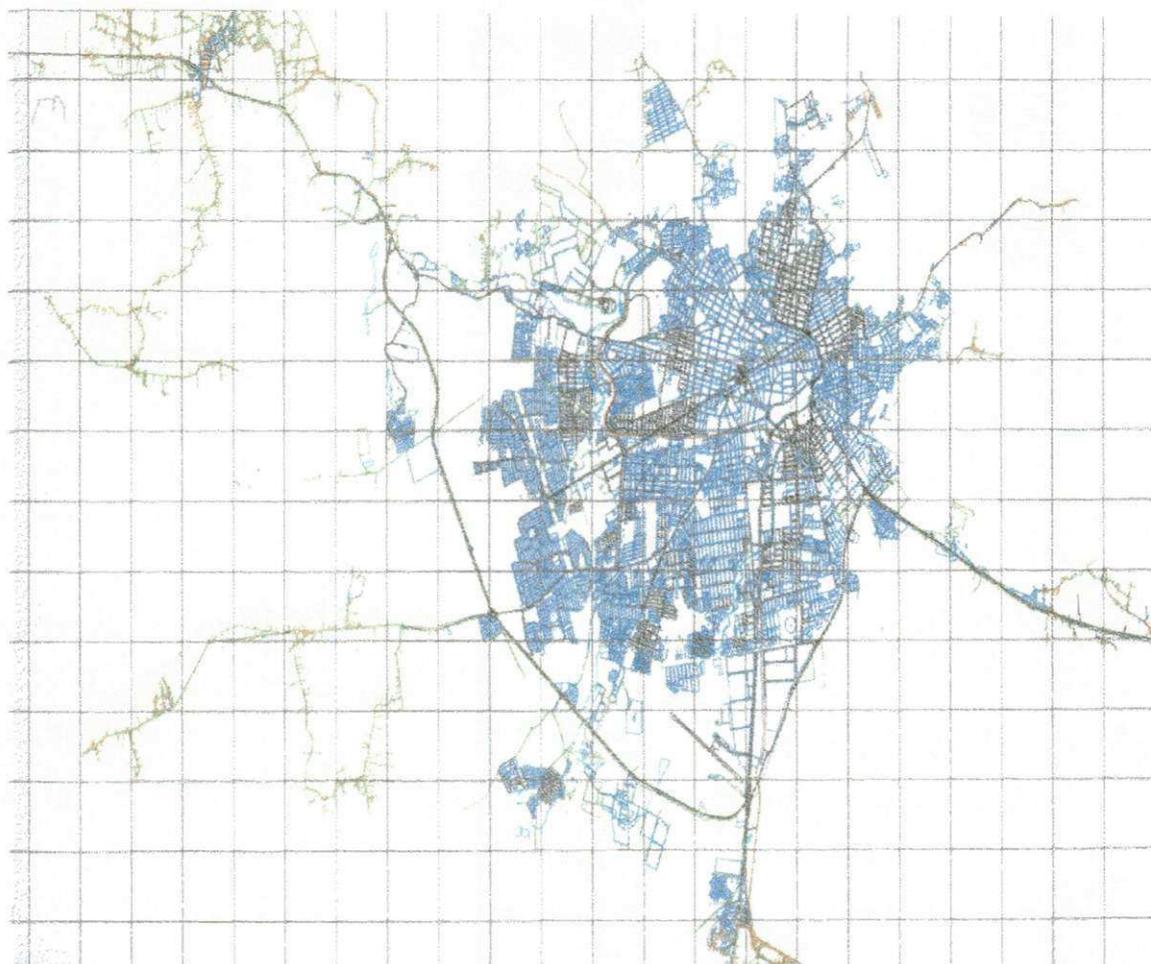


FIGURA 3.1- Mapa do município de Campina Grande, PB

FONTE: ATECEL

### 3.2-Metodologia para caracterização do entulho

Através da Secretaria de Infra Estrutura do município da Campina Grande, procurou-se conhecer todas as construções verticais existentes no município. Foram agendadas diversas reuniões com o do Sindicato da Indústria da Construção Civil de Campina Grande (SINDUSCON), no primeiro contato com os empresários da construção civil, foi exposta a idéia de elaborar, através deste trabalho, um diagnóstico da geração de entulhos da construção civil nesta cidade, obtendo-se assim, o apoio dos empresários.

Devido ao pouco espaço de tempo disponível para este trabalho, não foi possível acompanhar uma obra de edificação desde o seu início até o seu término,

portanto se optou por selecionar 15 construções verticais em diferentes fases, com áreas construídas variando de 2.638m<sup>2</sup> a 10.184,07m<sup>2</sup>. Essas edificações foram designadas por letras do alfabeto de A a P, com o objetivo de preservar o nome das empresas e dos profissionais responsáveis.

As construções verticais de Campina Grande apresentam dois tipos de grupos: incorporação e condomínio. Nos condomínios, cada condômino é responsável pelo seu próprio apartamento e fazem mudanças que julgam necessárias, em algumas obras eles são os principais responsáveis pela agilidade das construções. Nas incorporações, as pessoas interessadas em adquirir um apartamento não têm direito de exigir dos construtores modificações.

As construções foram divididas, de acordo com a área que será construída, os prédios com área de até 3.999 m<sup>2</sup> eram considerados classe inferior, de 4.000 m<sup>2</sup> a 6.999 m<sup>2</sup> eram considerados classe média e acima de 7.000 m<sup>2</sup> de classe alta. O entulhos referentes as construções poderiam surgir em 3 fases de execuções: concretagem, alvenaria, revestimento e do edifício. No período da pesquisa, a maioria das construções visitada estava em fases simultâneas.

Elaborou-se uma tabela referente as 15 edificações, com sua respectiva fase, classe, grupo e início da construção.

Os dados qualitativos e quantitativos dos entulhos foram obtidos com visitas periódicas as construções, com informações fornecidas por engenheiros e mestres de obra e, também em órgãos ambientais como a Curadoria do Meio Ambiente e a Secretaria Municipal do Meio Ambiente e em órgãos de prefeitura como a Secretaria de Serviços Urbanos e a Secretaria de Infra-Estrutura. Através destas secretarias, procurou-se conhecer os agentes coletores de entulho cadastrados na cidade e o local autorizado para a deposição dos resíduos.

### **3.2.1- Caracterização qualitativa**

Em algumas construções, os entulhos eram transportados por agentes coletores e a sua qualificação era obtida através de informações de engenheiros e operários, em outras, o entulho era depositado na própria construção ou em terrenos próximos, em que sua análise qualitativa era estimada dividindo-se o volume do

entulho e estimando a proporção de cada constituinte. Dependendo do volume do resíduo, seus constituintes eram separados manualmente.

A terminologia usada para os constituintes do entulho foi a seguinte:

- ✓ Argamassa→ a parcela que é constituída por areia e um material aglutinante que poderá ser cal ou cimento;
- ✓ Concreto→ o material que é constituído por cimento, areia, pedra e água em que a sua identificação fosse possível;
- ✓ Cerâmica→ que são os azulejos, ladrilhos, entre outros;
- ✓ Pedras→ poderá ser fragmento de rochas ainda sem uso, ou que fizera parte de um concreto;
- ✓ Areia e Solos→ parcela resultante de escavações, alguma demolição ou de material espalhado na obra em que fosse possível a sua identificação;
- ✓ Ferro→ material proveniente da montagem da armadura na fase concretagem;
- ✓ Tijolo→ material utilizado para fechamento de alvenaria;
- ✓ Gesso→ material utilizado para revestimento;
- ✓ Madeira→ material proveniente da montagem do escoramento para receber o concreto

### **3.2.2- Caracterização quantitativa**

O entulho era quantificado no acompanhamento periódico as construções. O volume do resíduo era registrado através de uma cubagem, se o mesmo fosse depositado no próprio canteiro ou em um terreno próximo. Se o entulho fosse retirado das edificações pelas agentes coletoras, o seu volume era fornecido pelas profissionais responsáveis pela obra.

## *Capítulo IV*

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### **4.1-Situação atual do gerenciamento do entulho nas construções em Campina Grande, PB**

Na maioria das construções visitadas, não foi constatada nenhuma preocupação, por parte dos construtores com o entulho gerado nas suas construções. Eles não realizam uma coleta diferenciada, nem qualquer tipo de separação dos resíduos.

Os resíduos gerados nas obras são utilizados como aterros nas próprias construções sem nenhum tipo de tratamento prévio, transportados por agentes coletores, ou depositados em ruas ou terrenos próximos às construções atraindo outros tipos de resíduos como os domiciliares.

#### **4.2-Agentes coletores de entulho**

Há somente uma transportadora cadastrada na Secretaria de Serviços Urbanos na cidade de Campina Grande, que descarrega o entulho no único aterro oficial de Campina Grande denominado de “LIXÃO” que se localiza na alça sudoeste da cidade.

Esta empresa conta com apenas um carro que apresenta um volume de  $5\text{m}^3$ , transporta qualquer tipo de resíduos, realizando um total de 10 viagens por dia. A distância da recepção dos mesmos e o local para a sua deposição não interfere no preço que é sempre de R\$8/ $\text{m}^3$ .

Através das notas fiscais existentes na transportadora, foi possível perceber que ela só atende, aproximadamente, a cinco construtoras. A maioria dos resíduos que conduz são de indústrias, reformas e construções de casa populares, também, é responsável pelo transporte realizado mensalmente de resíduos proveniente de restos de comida, plásticos, papelões, entre outros, de um dos shoppings da cidade.

Não se teve contato com os agentes coletores não cadastrados no município, pois, eram em grande número ocasionando uma dificuldade de entrevistá-los, e, além disso, não era objeto da pesquisa.

### 4.3- Caracterização qualitativa

Nas construções acompanhadas, apenas uma é comercial, as demais se tratavam de edifícios residenciais. A análise qualitativa deste entulho está intimamente ligada a fase que se encontravam as construções no momento que era realizada a análise.

O resíduo de ferro foi inteiramente fornecido pelos profissionais responsáveis e segundo os mesmos o desperdício de concreto era desprezível, no entanto em três canteiros que empregavam o concreto feito na própria construção foi detectado resíduo desse material. Os percentuais dos demais componentes dos entulhos presentes nas construções foram estimados. A proporção dos constituintes do entulho para cada edificação encontra-se nas Figuras que serão apresentadas.

A Figura 4.1 apresenta os percentuais dos componentes dos entulhos da obra A, a grande quantidade de areia foi decorrente de uma escavação que retirou, aproximadamente, 96ton deste material, a pedra é proveniente de rochas, que se encontrava no canteiro durante todo o período da pesquisa, o percentual de tijolo é bastante superior aos outros componentes, pois a construção apresentava como fase predominante a alvenaria. A madeira é oriunda de desperdícios da montagem de escoramentos para receber o concreto.

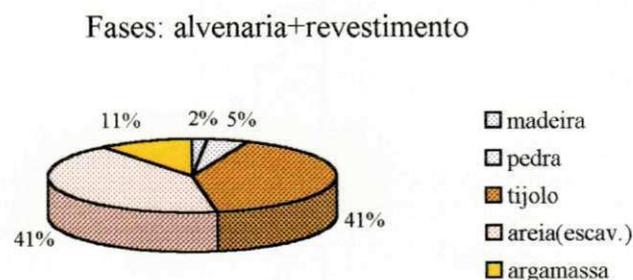


FIGURA 4.1- Percentual dos componentes do entulho na construção A

A Figura 4.2 apresenta o percentual de geração de entulhos da obra B, que estava no final da concretagem, porém, de acordo com informações fornecidas no canteiro de obra não havia desperdício de concreto e o de ferro era de valor desprezível comparando-se com os outros componentes do entulho, portanto o único material que gerava resíduos nesta fase era a madeira. A construção, também, encontrava-se, simultaneamente, na fase de alvenaria, por isso esta presença bastante significativa do tijolo em relação aos demais constituintes, a argamassa é oriunda dos assentamentos dos tijolos.

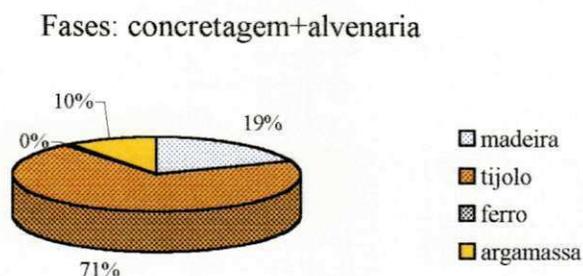


FIGURA 4.2- Percentual dos componentes do entulho na construção B

A construção C apresentava um desperdício de tijolo superior a 60% em relação ao total de resíduos, a causa predominante disso era a mudança constante de apartamentos por parte alguns condôminos. A grande parte do desperdício de argamassa originou-se da fase de revestimento e a madeira é oriunda da montagem de formas para o recebimento do concreto, conforme pode ser observado na Figura 4.3. Parte do resíduo da madeira era empregado para cozinhar a alimentação dos operários da obra.



FIGURA 4.3- Percentual dos componentes do entulho da construção C

Como pode ser observada na Figura 4.4, a obra D encontrava-se na fase de revestimento. Esta construção foi iniciada há seis anos, sua parte externa apresentava-se praticamente concluída e por se tratar de um condomínio, alguns apartamentos já estavam todos revestidos e outros começavam o revestimento, por isso o percentual significativo de argamassa e gesso. O resíduo de tijolo é referente a modificações realizadas em alguns apartamentos. Uma parte do resíduo de gesso junto com a cerâmica é oriunda da colocação de forros e pisos, respectivamente.

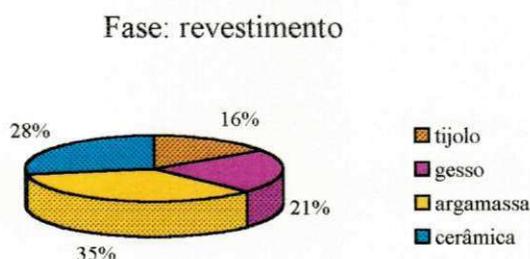


FIGURA 4.4- Percentual dos componentes do entulho na construção D

De acordo com a Figura 4.5, constata-se que a construção E apresentava-se na fase de revestimento, o maior percentual de argamassa, porém a quantidade de gesso é significativa. O desperdício de tijolo foi oriundo tanto de alterações realizadas em alguns apartamentos como por execução de tubulações hidráulicas e sanitárias. Como esta construção é do grupo dos condomínios, alguns apartamentos já estavam mais adiantados do que os outros.

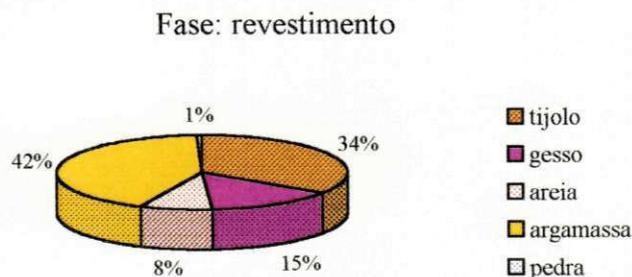


FIGURA 4.5- Percentual dos componentes do entulho na construção E

A Figura 4.6 indica os principais componentes da geração de entulhos na construção F com seus respectivos percentuais. Ela tem como percentual mais expressivo o tijolo, pela predominância da fase de alvenaria. Alguns apartamentos já se encontravam revestidos, devido a edificação ser um condômino o que explica os resíduos significativos de argamassa e gesso. Os condôminos apresentavam uma certa flexibilidade nas decisões tomadas na edificação, que ocasionava um maior ou menor agilidade nos trabalhos.

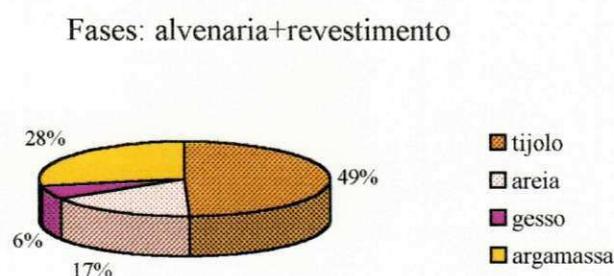


FIGURA 4.6- Percentual dos componentes do entulho na construção F

A construção G possuía alguns condôminos residindo nos seus apartamentos, estando alguns para serem terminados, a parte externa da obra apresentava-se praticamente pronta. A Figura 4.7 mostra o percentual de desperdício dos constituintes do entulho na fase de revestimento. A cerâmica é proveniente, principalmente, de resíduos de azulejos, o resíduo de gesso origina-se da colocação de forros, a argamassa é proveniente do revestimento de alguns apartamentos e o tijolo para a execução de tubulações hidráulicas e sanitárias.

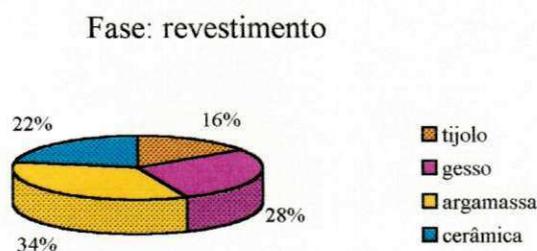


FIGURA 4.7- Percentual dos componentes do entulho na construção G

O percentual de desperdício de ferro da construção H, representado na Figura 4.8, foi obtido através de informações dos profissionais responsáveis pela obra. A fase de concretagem explica o elevado percentual de madeira, foi detectado, também, resíduo de concreto neste canteiro e o expressivo desperdício de tijolo é oriundo da fase de alvenaria iniciada em outubro, o entulho de argamassa é devido ao assentamento de tijolos.

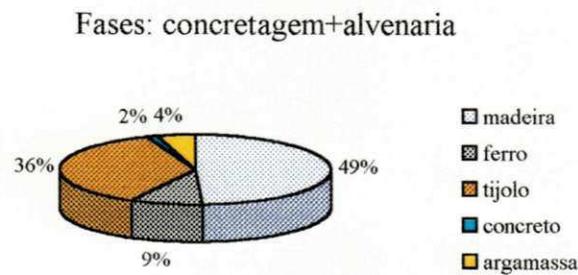


FIGURA 4.8- Percentual dos componentes do entulho na construção H

A Figura 4.9 mostra o percentual de desperdício dos componentes de entulho da construção I. Este percentual foi, inteiramente, fornecido pelo engenheiro responsável. Esta obra pertence ao grupo da incorporação, alguns apartamentos estão na fase final de revestimento, o que explica o desperdício de argamassa ser o mais significativo, o resíduo de cerâmica é proveniente da colocação de pisos, o de gesso da colocação de forros e o de tijolo é oriundo de quebra de paredes para a instalação de tubulações hidráulicas e sanitárias.

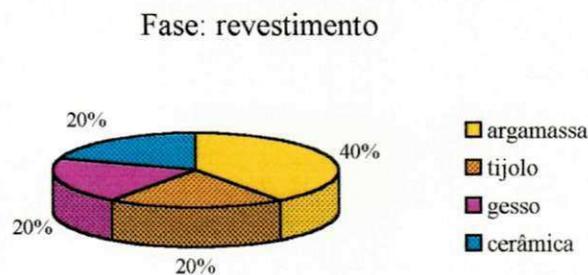


FIGURA 4.9- Percentual dos componentes do entulho na construção I

Na obra J, de acordo com informações obtidas, não possuía desperdício de concreto e o de ferro era desprezível em relação ao tijolo e a argamassa. As perdas significativas foram observadas na fase de alvenaria, iniciada em outubro, a argamassa é oriunda de desperdício na colocação de tijolos, conforme pode ser observado na Figura 4.10.

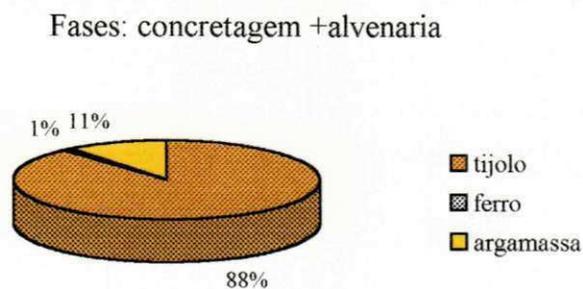


FIGURA 4.10- Percentual dos componentes do entulho na construção J

A Figura 4.11 mostra que a obra L, do grupo incorporação, apresentava como principal resíduo a madeira, um constituinte gerado, principalmente, na fase de concretagem, devido a montagem das formas para o recebimento do concreto. A quantidade de ferro desperdiçado foi fornecida pelo engenheiro responsável. O desperdício de tijolo e de argamassa originou-se a partir de outubro, quando teve início a fase de alvenaria.



FIGURA 4.11- Percentual dos componentes do entulho na construção L

A construção M se trata de um edifício comercial que, no período da pesquisa, se encontrava na fase de revestimento.

O edifício por ser comercial apresenta as divisórias das salas de gesso, por isso este resíduo se apresenta como o mais significativo entre os constituintes do entulho. Algumas salas se encontravam no início da fase de revestimento, por isso o entulho de argamassa é expressivo, o resíduo de tijolo é proveniente de demolições realizadas na obra e de instalações de tubulações hidráulicas e sanitárias. O resíduo de cerâmica é oriundo, principalmente, do revestimento de pisos. A Figura 4.12 expressa os percentuais dos componentes dos resíduos desta obra.

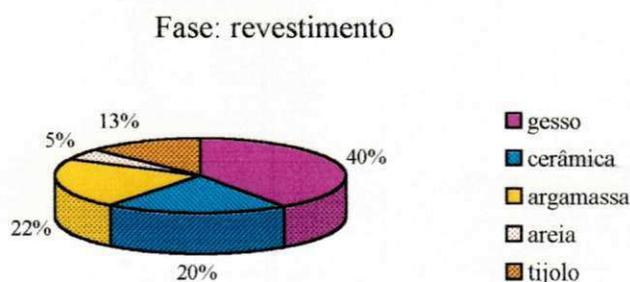


FIGURA 4.12- Percentual dos componentes do entulho na construção M

A Figura 4.13 mostra os percentuais de entulho da obra N onde o desperdício de ferro foi fornecido pelo engenheiro e restos de concreto foram observados no canteiro. Tem como resíduo predominante o tijolo oriundo da fase alvenaria, não foi constatada a presença de argamassa entre os constituintes do entulho.

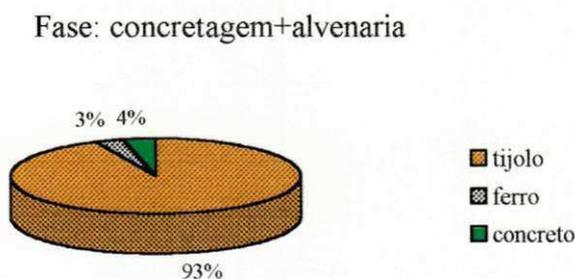


FIGURA 4.13- Percentual dos componentes do entulho na construção N

A Figura 4.14 mostra os percentuais dos constituintes de entulho da obra O. Esta edificação estava no final da fase de alvenaria e as principais causas de desperdício de tijolo era a construção de uma área de lazer e a quebra de paredes, algumas vezes, já revestidas, para execução de tubulações hidráulicas e sanitárias. A areia é referente a uma escavação realizada na obra. Apesar desta construção ser do grupo incorporação, algumas paredes eram, aleatoriamente, revestidas com argamassas e em outras era aplicado o gesso.

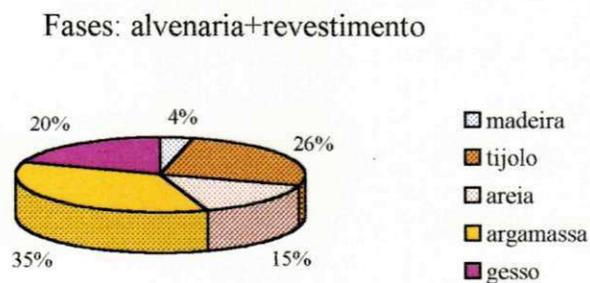


FIGURA 4.14- Percentual dos componentes do entulho na construção O

A quantidade do ferro na obra P, a exemplo, das outras construções foi fornecida pelos profissionais responsáveis. O resíduo de madeira foi oriundo da montagem das formas para o recebimento do concreto, foi detectada, neste canteiro, a presença de resíduos de concreto. No entanto, o desperdício de tijolo, referente a fase de alvenaria, é superior aos outros constituintes, conforme pode ser observado na Figura 4.15.

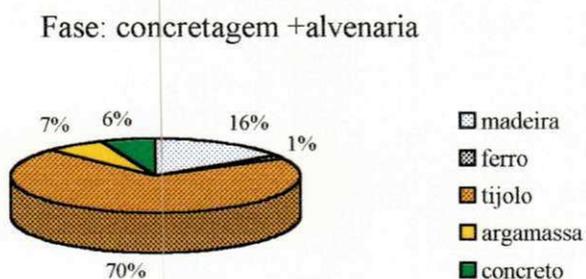


FIGURA 4.15- Percentual dos componentes do entulho na construção P

É indicado, na Figura 4.16, o percentual dos principais constituintes do entulho gerado pelas quinze obras analisadas, durante o período da pesquisa.

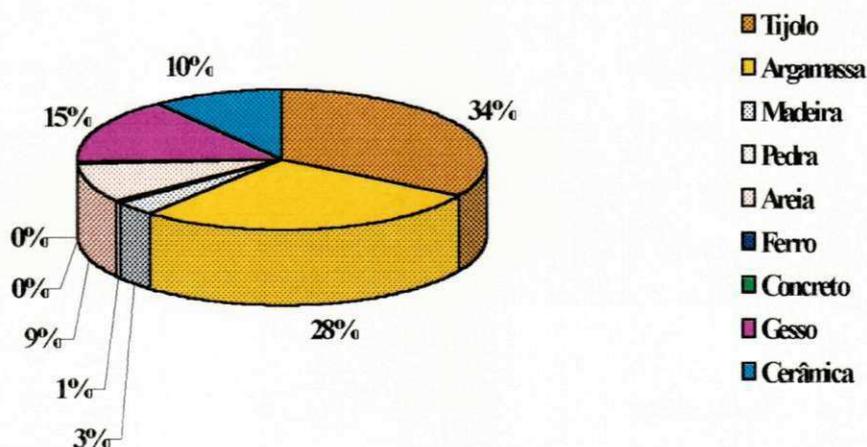


FIGURA 4.16- Percentual dos entulhos encontrados na pesquisa.

Os maiores constituintes dos entulhos encontrados neste trabalho foram de tijolo e argamassa com 34% e 28% respectivamente, estes dois materiais com a pedra, o concreto, as sobras de areia e a cerâmica são resíduos minerais que poderão ser triturado e reutilizado como agregado graúdo e miúdo. O ferro poderá ser reciclado pelo setor de metalurgia.

A madeira poderá ser utilizada para cozinhar a alimentação dos operários na construção. O gesso se apresenta com uma quantidade expressiva de 15% na totalidade dos entulhos. Este constituinte é considerado um rejeito por PINTO (2000) e terá, também, como destinação final a remoção para os bota-foras, entretanto, GEHO (1997) apud CARNEIRO et al (2001) adverte que uma determinada substância poderá ser considerada como uma impureza para uma certa aplicação do agregado reciclado e um material inerte para outra aplicação. A presença do gesso, em materiais produzidos com cimento Portland, poderá acarretar fenômenos expansivos, no entanto, agregados reciclados que contenham partículas de gesso podem ser usados para a execução de camadas de pavimentos, ressaltando que teor

de, aproximadamente, 6% deste material poderá provocar diminuição de 15% na resistência do concreto.

Os constituintes do entulho têm relação direta com a fase que a construção se encontra. Nas obras acompanhadas na cidade de Campina Grande existia uma certa variedade na utilização dos materiais, por exemplo, foi observado que, em algumas construções havia a aplicação de gesso direto sobre a alvenaria em outras, aplicava-se a primeiramente a argamassa e depois o gesso, portanto as especificações técnicas das obras são importantes para a qualificação deste resíduo.

A quantidade expressiva dos componentes do entulho aumenta o impacto ambiental, pois além de incidir em um consumo de materiais acima do indispensável à produção de um certo bem, esses resíduos são depositados aleatoriamente no meio ambiente.

Os principais tipos de perdas detectadas nas construções visitadas que originaram a quantidade significativa dos resíduos foram as seguintes:

- ✓ Perdas nos estoques→ em algumas edificações se observou que os materiais eram estocados em locais abertos na próprio canteiro ou em ruas próximas sem nenhum tipo de proteção em relação a chuvas, sol, roubos e vandalismo, isso ocasionou tijolos quebrados no local de estocagem.
- ✓ Perdas por superprodução→ esse tipo de perda foi detectado, principalmente, em construções que não havia um controle mais rigoroso. Em alguns casos, ocorria produção de argamassa em quantidade acima do necessário.
- ✓ Perdas no processamento em si→ nas incorporações, esse tipo de perda origina-se tanto na execução inadequada de alguns serviços, como na natureza de algumas atividades, por exemplo, para executar instalações, quebravam-se paredes já emboçadas. Nos condomínios, isso também foi observado, porém o que acarretou a parcela mais significativa neste tipo de perda era a mudança constante nos projetos por parte dos condôminos.
- ✓ Perdas no transporte→ foi observado nas construções, que a forma como os operários manuseavam os materiais de construções provocava perdas. Principalmente, em blocos devido ao equipamento de transporte ser inadequado ou do péssimo manuseio.

Comparando-se os valores dos blocos e tijolos e da areia, da pesquisa na área de habitação, o programa HABITARE, através da Tabela 2.5, com a pesquisa realizada nas quinze construções de Campina Grande, observa-se que a média do valor de perdas em tijolos neste município foi de 38% superior aos 13%, no entanto, a areia foi na ordem de 9% inferior ao valor encontrado na pesquisa na área de habitação.

#### **4.4- Caracterização quantitativa**

O volume de entulho quantificado nas visitas às construções foi transformado em tonelada, utilizando como massa específica deste resíduo  $1,2\text{ton/m}^3$ .

As construções que utilizavam os agentes coletores para transporte de entulho, só empregavam os clandestinos e apenas duas dessas obras possuíam a quantidade de resíduos transportados adequadamente registrados.

Os canteiros que não apresentavam algum tipo de registro, a quantificação dos resíduos era fornecida por engenheiros através do volume de caminhões que se retiravam das construções transportando os entulhos.

No entanto, na maioria das obras, o volume dos entulhos fora medido nos locais onde eram depositados que poderia ser no seu próprio canteiro ou em terrenos e em ruas próximas. Na Tabela 4.1, encontra-se, a fase, classe, o grupo e o início de cada construção acompanhada.

TABELA 4.1- Fase, classe e grupo das construções pesquisadas.

<i>Obras</i>	<i>Fases</i>	<i>Classe</i>	<i>Grupo</i>	<i>Início da construção (mês e ano)</i>
<b>A</b>	alvenaria+ revestimento	Média	Incorporação	03/1999
<b>B</b>	concretagem +alvenaria	Inferior	Condomínio	08/2000
<b>C</b>	alvenaria+revestimento	Média	Condomínio	01/2000
<b>D</b>	revestimento	Alta	Condomínio	09/1995
<b>E</b>	revestimento	Média	Condomínio	07/2000
<b>F</b>	alvenaria+revestimento	Alta	Condominio	05/1999
<b>G</b>	revestimento	Média	Condomínio	05/1999
<b>H</b>	concretagem+alvenaria	Alta	Condomínio	01/2001
<b>I</b>	revestimento	Média	Incorporação	09/1999
<b>J</b>	concretagem+ alvenaria	Alta	Incorporação	03/2001
<b>L</b>	concretagem+ alvenaria	Alta	Incorporação	04/2001
<b>M</b>	revestimento	Alta	Condomínio	09/1997
<b>N</b>	concretagem+ alvenaria	Inferior	Incorporação	07/2001
<b>O</b>	alvenaria+revestimento	Média	Incorporação	05/2000
<b>P</b>	concretagem+alvenaria	Inferior	Incorporação	09/2000

As Figuras 4.17 e 4.18 correspondem, respectivamente, as obras A e C. Essas construções são de classe média e, no período da pesquisa, se encontravam na fase de alvenaria e revestimento, porém, pertenciam a grupos diferentes. A construção A pertencia ao grupo da incorporação, enquanto a construção C pertencia ao grupo dos condomínios. O mês de setembro da obra A apresenta um valor superior aos outros meses em decorrência de uma escavação, portanto desconsiderando este valor, a construção A apresentou uma média de geração de entulhos de 21,8ton/mês e a obra C uma média de geração de entulhos de 25ton/mês.

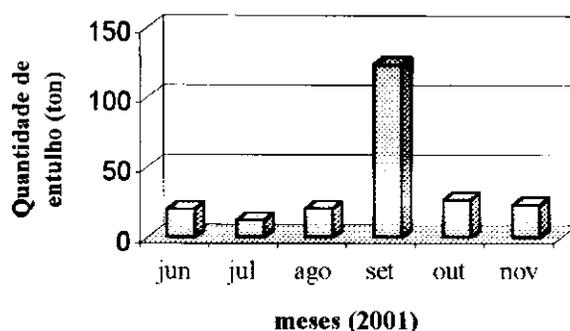


FIGURA 4.17- Quantidade de entulho gerada pela construção A durante o período da pesquisa

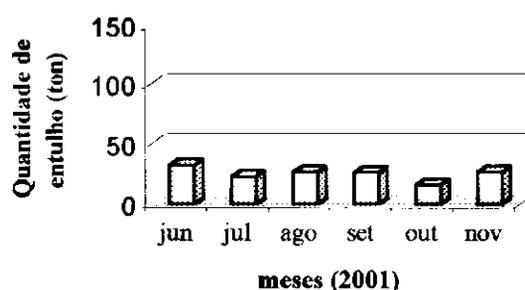


FIGURA 4.18- Quantidade de entulho gerada pela construção C durante o período da pesquisa.

Observa-se nas Figuras 4.19 e 4.20, duas construções que se apresentavam na fase de alvenaria e revestimento, porém de classes e grupos diferentes. A construção F pertencia à classe alta, do grupo dos condomínios e a construção O pertencia à classe média, do grupo da incorporação. No entanto, no período da pesquisa, elas apresentam uma média de entulho por mês praticamente idênticas.

A obra F apresenta uma geração média de resíduos de 34,9 ton/mês, enquanto que a construção O gerou 34,5ton/mês. A quantidade de entulho do mês de outubro, na obra O, é mais expressivo do que nos outros meses devido a ocorrência de uma escavação para a área de lazer e o revestimento de gesso começou a ser mais significativo.

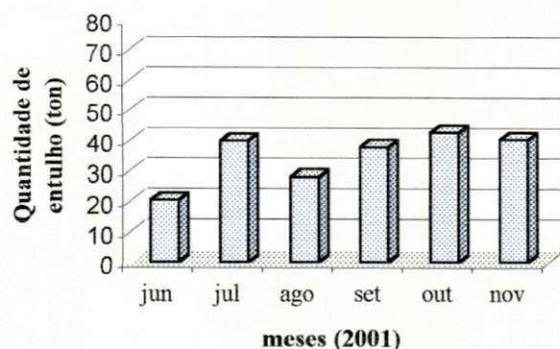


FIGURA 4.19- Quantidade de entulho gerada pela construção F durante o período da pesquisa

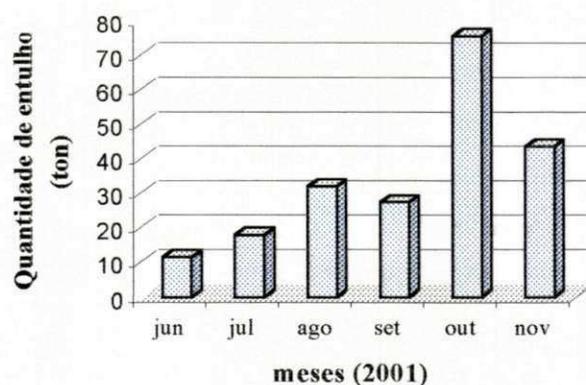


FIGURA 4.20- Quantidade de entulho gerada pela construção O durante o período da pesquisa

São apresentadas nas Figuras 4.21 e 4.22, a geração de entulho nas obras B e H. A construção B é um condomínio de classe inferior, que durante todo o período da pesquisa, encontrava-se em duas fases a concretagem e a alvenaria, apresentando uma geração de entulhos na faixa de 7,7 ton/mês.

A obra H é, também, um condomínio, mas pertencia a classe alta, sua fase de concretagem foi iniciada em julho e a alvenaria em outubro, sua média de geração de entulho era de 2,4 ton/mês e tinha um controle mais rigoroso do engenheiro em relação à outra, no mês de agosto não houve desperdício de madeira.

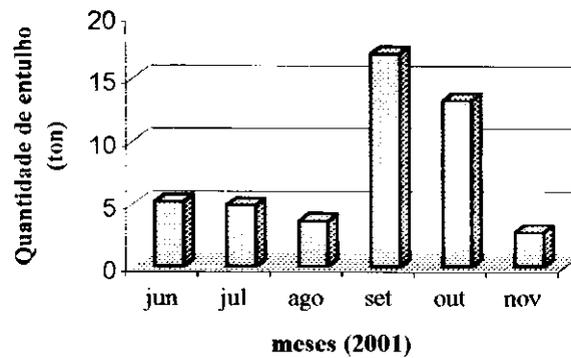


FIGURA 4.21- Quantidade de entulho gerada pela construção B durante o período da pesquisa.

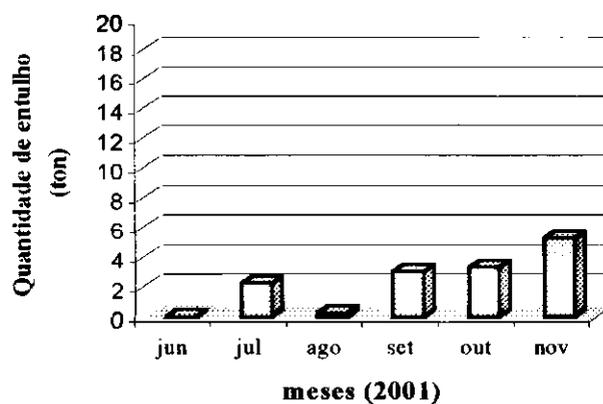


FIGURA 4.22- Quantidade de entulho gerada pela construção H durante o período da pesquisa.

O entulho gerado pelas obras J e a obra L são apresentados pelas Figuras 4.23 e 4.24, respectivamente. Estas construções pertenciam ao grupo da incorporação e à classe alta. Em junho, a obra J estava na fase de concretagem e o único constituinte de entulho gerado nesta fase foi o ferro, sua geração de resíduos foi mais significativa no mês de outubro e novembro, quando se iniciou a alvenaria, esta construção apresentava uma média de 4,1ton/mês de entulho.

A pesquisa na obra L foi iniciada em julho na fase de concretagem, que, ao contrário da construção J, mostrava além do desperdício de ferro, um desperdício de madeira, a fase de alvenaria, também, foi iniciada em outubro. Esta construção possuía uma média de geração de entulhos de 5,1 ton/mês.

Nestas duas obras a fase de alvenaria foi acompanhada nos últimos dois meses da pesquisa, porém, apesar disso, esta fase gerou uma quantidade maior de entulho comparado com a fase de concretagem.

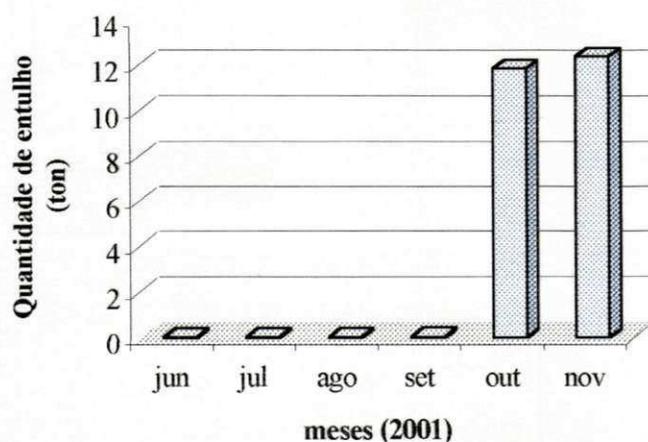


FIGURA 4.23- Quantidade de entulho gerada pela construção J durante o período da pesquisa

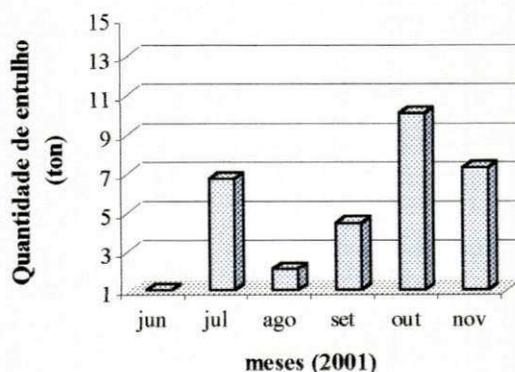


FIGURA 4.24- Quantidade de entulho gerada pela construção L durante o período da pesquisa

A construção N, um condômino de classe inferior, iniciou a concretagem em agosto onde foi detectado desperdício de concreto, a alvenaria foi iniciada em outubro e, a partir deste mês, que a quantidade de entulho foi mais expressiva como se observa na Figura 4.25. Esta construção possuía uma média de 1,13 ton/mês de resíduo. No início da pesquisa, a obra P se encontrava na fase de concretagem e de alvenaria e sua média de entulho estava na faixa de 13,2 ton/mês, conforme é indicado na Figura 4.26.

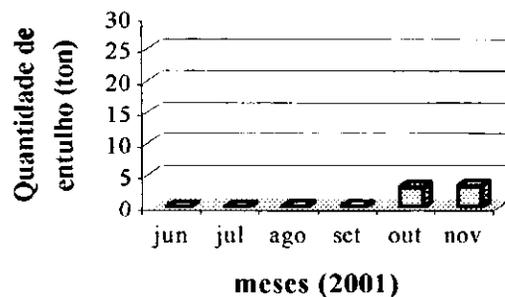


FIGURA 4.25- Quantidade de entulho gerada pela construção N durante o período da pesquisa

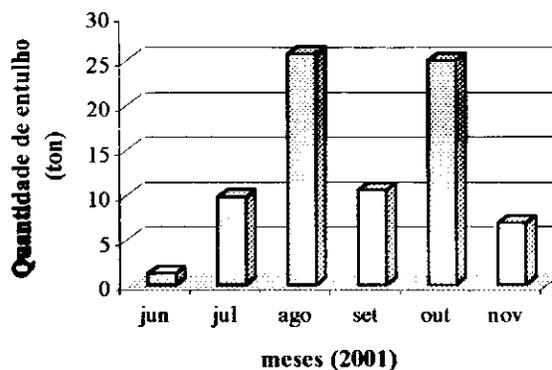


FIGURA 4.26- Quantidade de entulho gerada pela construção P durante o período da pesquisa

As Figuras 4.27 e 4.28 representam a geração de entulho, respectivamente, das construções D e G. Elas pertencem ao grupo dos condomínios e fase de revestimento, porém D pertence à classe alta enquanto G a classe média. A obra D depositava seus resíduos em uma rua próxima e apresentava uma média de geração de entulhos de 36,6ton/mês. Os resíduos da construção G são depositados no próprio terreno, apresentando uma média de 17,7ton/mês de geração de entulho.

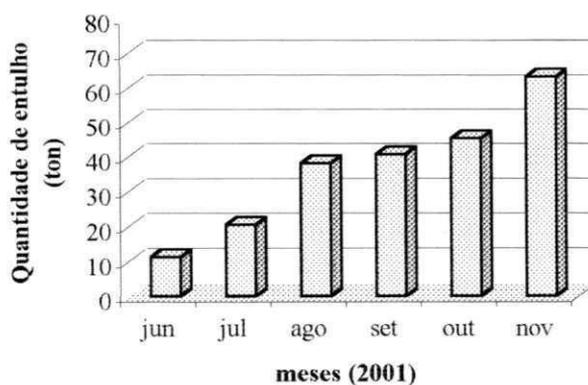


FIGURA 4.27- Quantidade de entulho gerada pela construção D durante o período da pesquisa

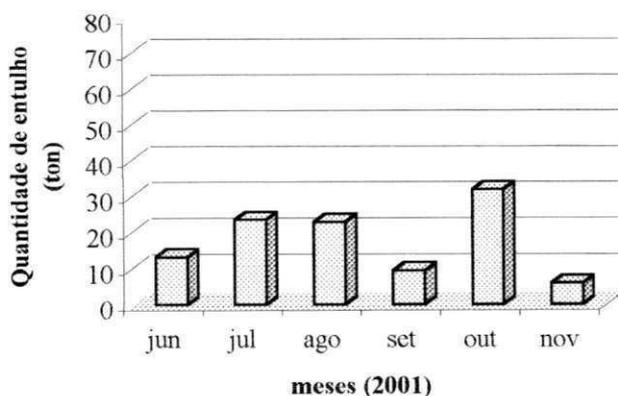


FIGURA 4.28- Quantidade de entulho gerada pela construção G durante o período da pesquisa

As construções I e M, representadas, respectivamente, pelas Figuras 4.29 e 4.30, são as únicas que possuíam a quantidade de entulho que saíram de seus canteiros devidamente registradas. As duas obras se encontravam na fase de revestimento, entretanto a construção I é do grupo da incorporação e de classe média e a obra M pertencia ao grupo dos condomínios e classe alta. A construção I apresentava uma média de 68,6ton/mês de resíduos enquanto M 37ton/mês.

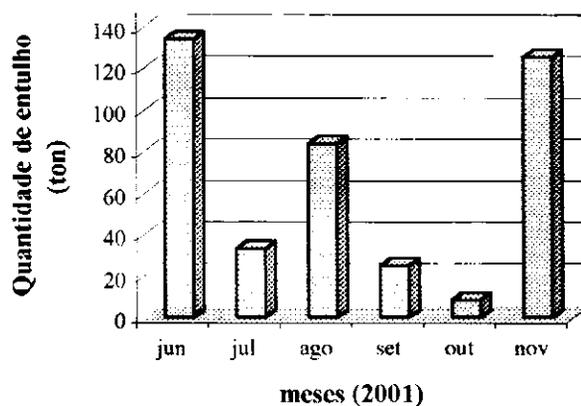


FIGURA 4.29- Quantidade de entulho gerada pela construção I durante o período da pesquisa

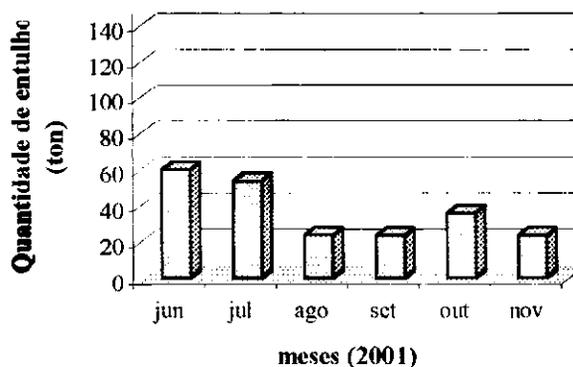


FIGURA 4.30- Quantidade de entulho gerada pela construção M durante o período da pesquisa

A construção E, representada pela Figura 4.31, possuía uma média de entulho de 21 ton/mês, é de classe média, pertencia ao grupo dos condomínios e encontrava-se na fase de revestimento. Seus resíduos eram deixados na própria obra para serem usados com aterro na mesma.

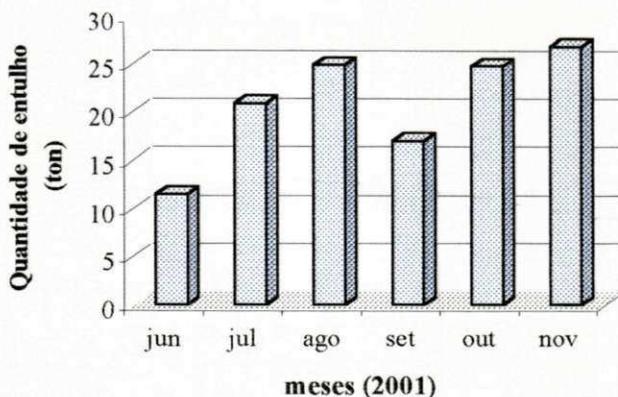


FIGURA 4.31- Quantidade de entulho gerada pela construção E durante o período da pesquisa

De acordo com a Figura 4.32, as construções que pertenciam ao grupo dos condomínios geraram uma quantidade maior de entulho durante o período da pesquisa do que as incorporações e, além disso, observando-se na Tabela 4.1, a grande parte dos condomínios apresentavam um período maior de execução.

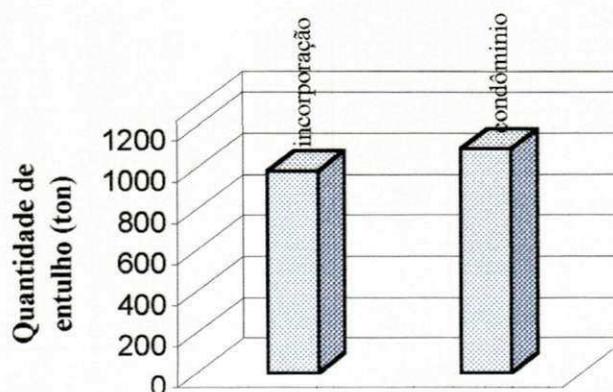


FIGURA 4.32- Quantidade de entulho gerada pelas incorporações e pelos condomínios durante o período da pesquisa

De acordo com a fase que as edificações se encontravam no período da pesquisa, foram calculadas três médias de geração do entulho para as construções pesquisadas, conforme pode ser observado na Tabela 4.2.

TABELA 4.2- Média da geração de entulho das diferentes fases das construções no período da pesquisa.

<i>Fases das construções</i>	<i>Média de geração de entulho no período da pesquisa</i>
concretagem+alvenaria	5,1ton/mês
alvenaria+revestimento	33,1ton/mês
revestimento	36,2 ton/mês

A Figura 4.33 representa a média de geração de entulhos durante o período da pesquisa para cada construção acompanhada.

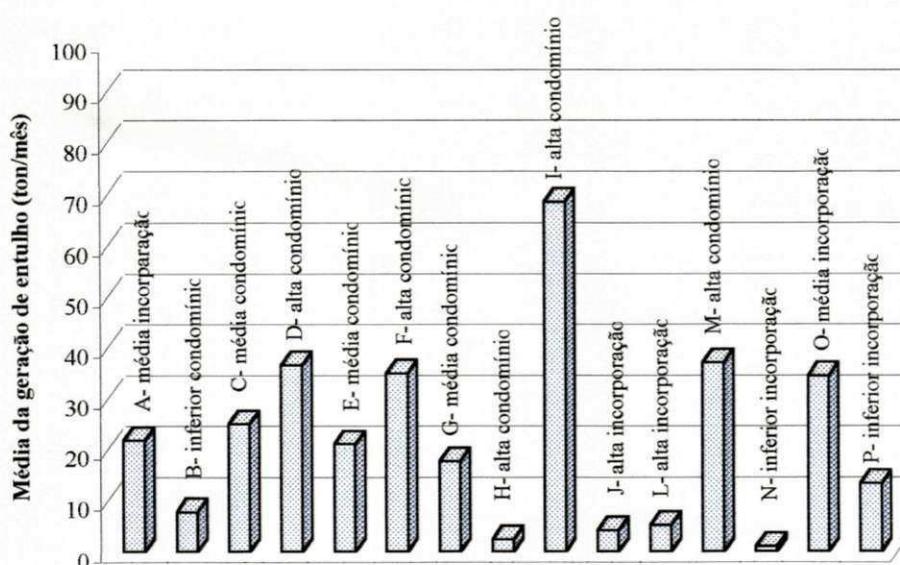


FIGURA 4.33- Quantidade média de geração de entulho nas quinze construções

No período da pesquisa, as obras que estavam na fase de concretagem + alvenaria apresentou uma menor quantidade de entulho, seguido pela alvenaria +revestimento e a fase de revestimento foi a que apresentou uma maior quantidade de resíduos, conforme pode ser observado na Figura 4.34.

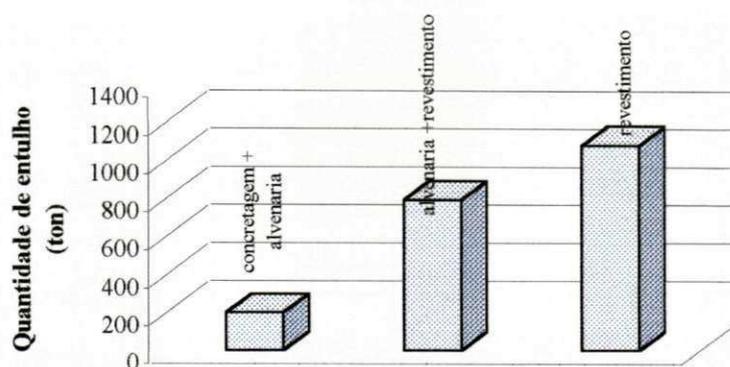


FIGURA 4.34- Quantidade de entulho gerada pelas fases das construções durante o período da pesquisa

No período da pesquisa, essas construções desperdiçaram um valor superior a 2000 toneladas de entulho. Uma quantidade expressiva no curto período de análise. Há uma tendência crescente na geração de entulhos à medida que as edificações passavam de fase.

Observa-se na Figura 4.35, a quantidade de geração de entulho em tonelada, oriunda das quinze edificações acompanhadas no período de pesquisa.

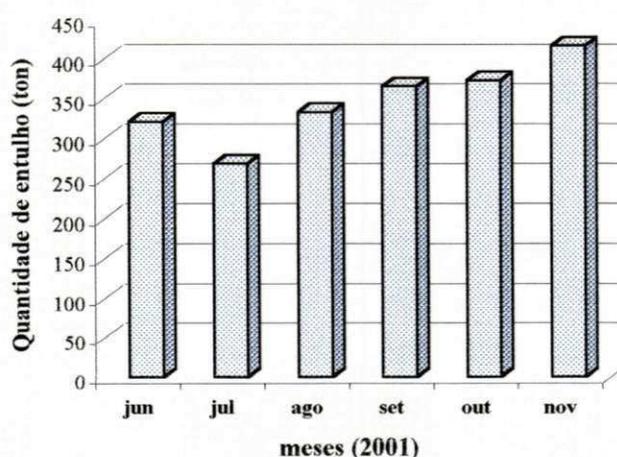


FIGURA 4.35- Quantidade de entulho gerada pelas quinze construções durante o período da pesquisa.

#### 4.5 Destinação dos entulhos

Existe, apenas, um aterro oficial para a recepção dos resíduos em Campina Grande, e o acelerado processo de adensamento urbano e o distanciamento das construções do único aterro da cidade induz como quadro mais comumente encontrado neste município a deposição do volume do entulho nas próprias construções ou em terrenos próximos.

Observa-se nas Figuras de 4.36 a 4.39, alguns dos constituintes do entulho que são aglomerados nas próprias construções. O resíduo da madeira poderá ser utilizado na própria construção para cozinhar a alimentação dos operários. O entulho de ferro poderá ser reciclado pelo setor de metalurgia. A grande causa que originou o resíduo de tijolo e argamassa foram mudanças contínuas em alguns apartamentos por parte dos condôminos.



FIGURA 4.36- Resíduo de madeira



FIGURA 4.37- Resíduo de ferro



FIGURA 4.38- Resíduo de tijolo e argamassa



FIGURA 4.39- Resíduo de tijolo

Além dos entulhos serem depositados nas próprias construções como mostra a Figuras 4.40 e 4.41, eles, também, são inseridos na malha urbana, nas proximidades das regiões geradoras de entulho como se observa nas Figuras 4.42 a 4.44.

A deposição dos entulhos em áreas naturais atrai outros tipos de resíduos como os vegetais e domiciliares e torna essas áreas propícias para a proliferação de vetores prejudiciais à saúde humana.

Observa-se nas Figuras 4.42 e 4.43 uma parcela significativa de gesso, deverá haver uma separação integral dos resíduos, pelo fato de o gesso não ser um constituinte recomendável em um possível processo de reciclagem.

Estas ações inadequadas de deposição dos entulhos acarretam impactos significativos como a qualidade do meio ambiente e da paisagem local.



FIGURA 4.40-Deposição do entulho na própria construção



FIGURA 4.41- Entulho abandonado na própria construção



FIGURA 4.42- Deposição de entulho clandestino



FIGURA 4.43- Deposição de gesso



(a)



(b)



(c)

FIGURA 4.44- Entulhos colocados em terrenos baldios: (a) predominância de madeira; (b) predominância de tijolos e argamassas; (c) predominância de areia

## *Capítulo V*

### CONCLUSÕES

Esta dissertação objetivou contribuir com o diagnóstico da geração de entulhos da construção civil para a futura implantação de uma metodologia para gestão dos resíduos de construção, em particular a vertical, em função de sua expressiva presença no ambiente urbano do município. Essa nova metodologia deverá ser inserida em perspectivas mais amplas, que persigam o saneamento ambiental, conjunto integrado de ações dirigidas a todos os componentes que influenciam a qualidade do meio ambiente.

A quantidade de resíduos descartados em Campina Grande mostra o significativo consumo de matérias primas em uma cidade de porte médio que está vivenciando um processo contínuo de urbanização e principalmente na verticalização das construções. O diagnóstico de geração de entulhos neste município é o passo primordial para avaliar o seu uso potencial.

A implantação de uma metodologia para a gestão diferenciada dos resíduos de construção e demolição é a solução adequada para o gerenciamento do seu volume. Sugere-se inserir, na legislação municipal, temas relacionados à gestão dos resíduos gerados na construção civil com uma maior clareza e objetividade; uma fiscalização mais rígida, por parte do poder público, por exemplo, nas licitações públicas, deveria haver uma obrigatoriedade a apresentação de planos de destinação dos resíduos.

Poderão, também, ser desenvolvidos instrumentos que garantam a propagação de ações relativas para a solução destes resíduos em canteiro de obras, em demolições, em limpezas de áreas urbanas, em aterro e bota -foras, para incentivar os próprios geradores de entulho a promover a reciclagem e impedir que a remoção dos mesmos para a malha urbana venha a gerar problemas ambientais e gastos públicos.

Recomenda-se a elaboração de um manual de manejo de entulhos para a conscientização da população da importância de uma metodologia diferenciada

destes resíduos, como também, definir políticas de divulgação nos meios de comunicação.

Os números apresentados indicam uma intensa geração do entulho na verticalização das construções no município de Campina Grande, fato que também foi observado em algumas cidades de mesmo porte no país, demonstrando que nunca a sociedade transformou tanta matéria prima em resíduos inúteis e que o insuficiente domínio que os órgãos gestores do saneamento têm sobre esse e outros tipos de resíduos sólidos inertes comprometem o planejamento de ações de proteção ao meio ambiente.

Os cuidados necessários nas etapas de planejamento, projeto e execução de um edifício são os principais procedimentos que poderiam diminuir a quantidade de entulho. As maiores médias de geração de entulhos foram das construções que tinham a quantidade de resíduos que saíam das mesmas corretamente registradas, portanto, todos os profissionais responsáveis deveriam estar comprometidos com a postura de quantificar o volume dos entulhos, para se ter um valor mais preciso.

O estudo realizado, nas quinze construções pesquisadas neste município, mostrou uma quantidade de resíduos descartados superior a 2000 toneladas, um valor significativo no período curto da pesquisa. O gesso aparece com um percentual significativo de 15% na totalidade do entulho e sua presença em materiais produzidos com cimentos Portland poderá acarretar fenômenos expansivos, entretanto o tijolo, a argamassa, a cerâmica, a areia e as pedras, ou seja, a fração mineral do entulho, aparece com um pouco mais de 80%, que poderá ser triturado e reutilizado com agregado miúdo e graúdo, viabilizando a introdução da reciclagem.

Este processo vem se consolidando com um importante e sólido ramo da engenharia civil com a formação de um mercado próprio para o material reciclado, que tem como objetivo a minimização do uso das matérias primas e a necessidade evitar a degradação de áreas naturais.

Este município poderá solucionar o problema do causado pelo entulho incentivando a sua utilização como matéria prima no local onde foi gerado, como também, estimular a criação de mini usinas para processamento de material para a confecção de argamassa que poderá ser usada, a princípio, em construção de habitação popular.

Sendo a geração do entulho inevitável, são indispensáveis avanços que visem tanto a diminuição e recuperação de áreas degradadas como a minimização do uso indiscriminado de recursos naturais que além de serem limitados, deverão ser preservados para as gerações futuras.

*Capítulo VI*

## SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

- ✓ Cadastramento e fiscalização dos agentes coletores de entulho;
- ✓ Identificação de todos os pontos clandestinos de descarga deste resíduo, no município de Campina Grande, PB;
- ✓ Computar os entulhos provenientes de demolições, ampliações e construções e de todas as atividades relacionadas a construção civil.

*Capítulo VII*

Anexos

TABELA 6.1 – Quantificação do entulho nas obras acompanhadas

<i>Obras</i>	<i>Fases</i>	<i>Quantidade de entulho (ton) nos meses</i>					
		<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>
A	alvenaria+revestimento	20,34	12,33	20,70	123,36	26,93	23,18
B	concretagem+alvenaria	5,17	4,90	3,64	16,96	13,22	2,72
C	alvenaria+revestimento	32,44	22,71	26,94	25,89	15,78	26,38
D	acabamento	11,35	20,59	38,22	40,77	45,39	63,36
E	revestimento	11,52	20,91	24,95	17,02	24,81	26,88
F	alvenaria+revestimento	20,44	39,92	28,03	37,83	42,69	40,29
G	acabamento	13,04	23,35	22,78	9,38	31,79	5,82
H	concretagem+alvenaria	0,0	2,25	0,25	3,01	3,30	5,29
I	acabamento	134,4	33,6	84	25,2	8,4	126
J	concretagem+alvenaria.	0,03	0,03	0,03	0,04	11,86	12,40
L	concretagem+alvenaria	0,0	6,74	2,07	4,50	10,10	7,31
M	acabamento	60	54	24	24	36	24
N	concretagem+alvenaria	0,0	0,0	0,11	0,12	3,17	3,38
O	alvenaria+revestimento	11,43	17,76	31,84	27,28	75,49	43,40
P	concretagem+alvenaria	1,24	9,78	25,73	10,56	24,97	6,84

TABELA 6.2- Qualificação dos constituintes do entulho na obra A

<i>Materiais</i>	<i>Os constituintes do entulho em ton nos referidos meses</i>						
	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	<i>Quant. dos materiais</i>
<i>madeira</i>	3,22	0,78	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00
<i>pedra</i>	0,00	0,00	0,00	10,72	0,00	0,00	10,72
<i>tijolo</i>	14,60	10,32	16,68	12	20,54	18,14	92,30
<i>areia</i>	0,00	0,00	0,00	96,00	0,00	0,00	96,00
<i>argamassa</i>	2,52	1,22	4,02	4,64	6,38	5,04	23,83

TABELA 6.3- Qualificação dos constituintes do entulho na obra B

<i>Materiais</i>	<i>Os constituintes do entulho em ton nos referidos meses</i>						
	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	<i>Quant. dos materiais</i>
<i>madeira</i>	1,44	2,59	0,43	1,08	3,36	0,05	8,96
<i>tijolo</i>	3,16	2,04	2,82	13,60	8,60	2,40	32,62
<i>ferro</i>	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,18
<i>argamassa</i>	0,54	0,24	0,36	2,24	1,22	0,24	4,85

TABELA 6.4- Qualificação dos constituintes do entulho na obra C

<i>Materiais</i>	<i>Os constituintes do entulho em ton nos referidos meses</i>						
	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	<i>Quant. dos materiais</i>
<i>madeira</i>	10,00	0,90	1,72	0,96	0,00	0,00	13,58
<i>tijolo</i>	20,31	20,21	21,78	9,95	7,16	20,76	100,16
<i>areia</i>	0,00	0,00	0,00	5,89	0,23	0,00	6,12
<i>ferro</i>	0,15	0,15	0,15	0,15	0,00	0,00	0,60
<i>argamassa</i>	1,99	1,45	3,29	8,94	8,40	5,62	29,68

TABELA 6.5- Qualificação dos constituintes do entulho na obra D

<i>Materiais</i>	<i>Os constituintes do entulho em ton nos referidos meses</i>						
	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	<i>Quant. dos materiais</i>
<i>tijolo</i>	1,22	3,26	6,18	6,00	6,47	11,65	34,76
<i>cerâmica</i>	4,05	5,42	9,90	10,79	11,19	19,69	61,04
<i>argamassa</i>	2,84	7,58	14,75	15,59	17,22	19,69	77,17
<i>gesso</i>	3,24	4,34	7,39	8,39	10,52	13,13	47,01

TABELA 6.6- Qualificação dos constituintes do entulho na obra E

<i> Materiais</i>	<i> Os constituintes do entulho em ton nos referidos meses</i>						
	<i> Jun</i>	<i> Jul</i>	<i> Ago</i>	<i> Set</i>	<i> Out</i>	<i> Nov</i>	<i> Quant. dos materiais</i>
<i> tijolo</i>	5,16	9,36	7,56	6,72	6,12	8,40	43,32
<i> pedra</i>	0,11	0,26	0,30	0,00	0,00	0,00	0,67
<i> areia</i>	0,13	2,52	1,85	1,66	1,97	2,04	10,17
<i> argamassa</i>	4,56	7,33	9,36	6,24	14,08	12,00	53,57
<i> gesso</i>	1,56	1,43	5,88	2,40	2,64	4,44	18,35

TABELA 6.7- Qualificação dos constituintes do entulho na obra F

<i> Materiais</i>	<i> Os constituintes do entulho em ton nos referidos meses</i>						
	<i> Jun</i>	<i> Jul</i>	<i> Ago</i>	<i> Set</i>	<i> Out</i>	<i> Nov</i>	<i> Quant. dos materiais</i>
<i> tijolo</i>	8,66	20,04	14,54	17,11	19,75	23,47	103,58
<i> gesso</i>	0,73	2,34	1,51	2,83	2,95	1,96	12,32
<i> argamassa</i>	6,53	11,70	7,56	10,54	12,33	9,78	58,43
<i> areia</i>	4,52	5,84	4,42	7,35	7,66	5,09	34,88

TABELA 6.8- Qualificação dos constituintes do entulho na obra G

<i> Materiais</i>	<i> Os constituintes do entulho em ton nos referidos meses</i>						
	<i> Jun</i>	<i> Jul</i>	<i> Ago</i>	<i> Set</i>	<i> Out</i>	<i> Nov</i>	<i> Quant. dos materiais</i>
<i> tijolo</i>	1,44	3,46	3,82	1,39	5,64	0,78	16,52
<i> cerâmica</i>	3,72	5,17	3,11	3,31	6,18	2,13	23,62
<i> argamassa</i>	4,56	7,78	8,49	2,36	11,42	1,75	36,34
<i> gesso</i>	3,32	6,95	7,37	2,32	8,56	1,16	29,68

TABELA 6.9- Qualificação dos constituintes do entulho na obra H

<i>Materiais</i>	<i>Os constituintes do entulho em ton nos referidos meses</i>					<i>Quant. dos materiais</i>
	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	
<i>madeira</i>	2,00	0,00	2,76	0,78	1,44	6,98
<i>tijolo</i>	0,00	0,00	0,00	2,15	2,99	5,14
<i>ferro</i>	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1,25
<i>concreto</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,22
<i>argamassa</i>	0,00	0,00	0,00	0,11	0,52	0,63

TABELA 6.10- Qualificação dos constituintes do entulho na obra I

<i>Materiais</i>	<i>Os constituintes do entulho em ton nos referidos meses</i>						<i>Quant. dos materiais</i>
	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	
<i>tijolo</i>	26,88	6,72	16,8	5,04	1,68	25,2	82,32
<i>cerâmica</i>	26,88	6,72	16,8	5,04	1,68	25,2	82,32
<i>argamassa</i>	53,76	13,44	33,6	10,08	3,36	50,4	164,64
<i>gesso</i>	26,88	6,72	16,8	5,04	1,68	25,2	82,32

TABELA 6.11- Qualificação dos constituintes do entulho na obra J

<i>Materiais</i>	<i>Os constituintes do entulho em ton nos referidos meses</i>						<i>Quant. dos materiais</i>
	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	
<i>tijolo</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	10,56	11,16	21,72
<i>ferro</i>	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,21
<i>argamassa</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	1,26	1,20	2,46

TABELA 6.12- Qualificação dos constituintes do entulho na obra L

<i> Materiais</i>	<i> Os constituintes do entulho em ton nos referidos meses</i>					<i> Quant. dos materiais</i>
	<i> Jul</i>	<i> Ago</i>	<i> Set</i>	<i> Out</i>	<i> Nov</i>	
<i> madeira</i>	6,6	1,93	4,24	1,31	0,22	14,29
<i> tijolo</i>	0,00	0,00	0,00	8,02	6,38	<b>14,4</b>
<i> ferro</i>	0,14	0,14	0,26	0,12	0,12	<b>0,78</b>
<i> argamassa</i>	0,00	0,00	0,00	0,65	0,59	<b>1,25</b>

TABELA 6.13- Qualificação dos constituintes do entulho na obra M

<i> Materiais</i>	<i> Os constituintes do entulho em ton nos referidos meses</i>						<i> Quant. dos materiais</i>
	<i> Jun</i>	<i> Jul</i>	<i> Ago</i>	<i> Set</i>	<i> Out</i>	<i> Nov</i>	
<i> tijolo</i>	9,00	8,10	2,40	3,60	5,400	2,40	28,20
<i> areia</i>	3,00	2,70	1,20	1,20	1,80	1,20	11,10
<i> cerâmica</i>	12,00	13,50	3,60	4,80	7,20	3,60	44,70
<i> argamassa</i>	9,00	13,50	7,20	3,60	9,00	6,00	48,30
<i> gesso</i>	27,00	18,90	9,60	10,80	12,60	10,80	89,70

TABELA 6.14- Qualificação dos constituintes do entulho na obra N

<i> Materiais</i>	<i> Os constituintes do entulho em ton nos referidos meses</i>				<i> Quant. dos materiais</i>
	<i> Ago</i>	<i> Set</i>	<i> Out</i>	<i> Nov</i>	
<i> tijolo</i>	0,00	0,00	3,06	3,27	6,33
<i> ferro</i>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,20
<i> concreto</i>	0,06	0,07	0,06	0,06	0,25

TABELA 6.15- Qualificação dos constituintes do entulho na obra O

<i>Materiais</i>	<i>Os constituintes do entulho em ton nos referidos meses</i>						<i>Quant. dos materiais</i>
	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	
<i>madeira</i>	2,30	2,40	2,64	0,00	0,00	0,00	7,34
<i>tijolo</i>	5,50	8,16	8,52	13,12	16,09	2,76	54,15
<i>areia</i>	3,36	4,80	0,00	0,68	13,84	8,23	30,91
<i>argamassa</i>	0,27	2,40	20,21	12,85	25,32	13,08	74,13
<i>gesso</i>	0,00	0,00	0,48	0,63	20,24	19,33	40,68

TABELA 6.16- Qualificação dos constituintes do entulho na obra P

<i>Materiais</i>	<i>Os constituintes do entulho em ton nos referidos meses</i>						<i>Quant. dos materiais</i>
	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	
<i>madeira</i>	1,00	3,48	1,48	1,54	5,13	0,00	12,63
<i>tijolo</i>	0,04	5,80	22,85	6,04	15,72	5,04	55,49
<i>ferro</i>	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,00	1,00
<i>argamassa</i>	0,00	0,31	1,20	0,32	1,56	1,80	5,19
<i>concreto</i>	0,00	0,00	0,00	2,46	2,36	0,00	4,82

*Capítulo VIII*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 10004 – Resíduos Sólidos: classificação*. 1987.
- AGOPYAN, V. Estudo dos materiais de construção civil - materiais alternativos. In: *Tecnologia de Edificações*. Pini, São Paulo, 1998 pp. 75-79.
- ANGELIS NETO, G.; ZMITROWICZ, W. Impactos Ambientais Causados por Resíduos Sólidos Urbanos: O caso de Maringá/ PR. *Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP*.
- ÂNGULO, S. C. *Produção de concretos com agregados reciclados*. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil). Departamento de Construção Civil. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 1998. 86p
- BALDWIN, R. *et al. BREFAM 98 for offices an environmental assesment method for Office buildings*. Garston Watford, BRE, 1998. 36p.
- BERNSTEIN, H. *Bridging the globe: creating na international climate and challengs of sustainable design and construction*. Industry and environment, Paris, v.29 n.2, p.19-21, abr./jun. 1996.
- BIOCYCLE. Meeting the challenge of earthquake recycling. V35, n.1, p. 55-57, nov. 1994.
- \_\_\_\_\_. Opportunities for recycling C & D debris. V. 31, n.7, jul. p. 56-58, 1990.
- BRITO FILHO, J.A. Cidades versus entulho. *Anais- II Seminário- Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil*. São Paulo: 1999.
- CAMARGO A. Reciclagem minas de entulho *Téchne* nº 15 mar/abril 1995 p15-18 Editora PINI São Paulo S.P.

- CARNEIRO, A. P.; CASSA, J. C.; QUADROS, B.E.; COSTA, D.B.; SAMPAIO, T. S.; ALBERTE, E. P.V. Caracterização do entulho de Salvador visando a produção de agregado reciclado. *In: ENTAC - Encontro Nacional da Tecnologia do Ambiente Construído*, Salvador. Abril de 2000.
- CARNEIRO, A. P.; QUADROS, B.E.; OLIVEIRA, A. M.; BRUM, J.A.; COSTA, D.B.; SAMPAIO, T. S.; ALBERTE, E. P.V. *Entulho Bom*. Caracterização do entulho e do agregado reciclado. EDUFBA, 1 ed., Salvador, 2001, Cap.V p. 144-187.
- CDIAC (Carbon Dioxide Information Analysis Center) *Trends on line – A compendium of data on global change..*
- CHEN, J.J.; CHAMBERS, D. Sustainability and the impact of Chinese policy initiatives upon construction. *J Construction Management and Economics*. N.º17, 1999.
- CHENNA, Sinara I.M. O Manejo e a Reciclagem de Entulho em Belo Horizonte, *IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil- Materiais Reciclados e suas Aplicações*. Junho de 2001.
- CONCRETE. Concrete recycled. *Crushed concrete as aggregate*. London, v.27, nº3, p9-13, may/jun. 1993.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resoluções CONAMA: 1984/1986. Brasília, SEMA, 1986.
- CONSTRUÇÃO. Do caos à solução. São Paulo: PINI nº 2505.
- CONSTRUCTION and the environment: fact and figures. *Industry and environment*, Paris, v.29, n.2, p2-8, abr./jun. 1996.

- CRAVEN, D.J.; OKRAGLIK; H. M.; EILENBERG, I.M. Construction waste and new design methodology. In: CIB TG 16 Sustainable Construction. *Proceedings*. Tampa, Flórida, November6-9, 1994 p.17-28.
- CURWELL, S.; COOPER, I. The implications of urban sustainability. *Building Research and Information*. V. 26, nº1.
- DESAI, S.B. Sustainable development and recycling of concrete aggregate. *Use of recycled concrete aggregate*. DHIR, HENDERSON & LIMBACHIYA eds. Tomas Telford, 1998 p. 381-400.
- EPA *Chacarterization of building – related construction and demolition debris in the United States*. EPA. Report nºEPA530-R-98-010.1998 100p.
- GRIGOLI, A. S. Entulho da Obra – Reciclagem e Consumo na Própria Obra que o Gerou. In: *Entac 2000, Modernidade e Sustentabilidade, VIII Encontro Nacional de tecnologia do Ambiente Construido (Anais)*, Salvador, abril 2000.
- GRÜN, R. *Zusammensetzung und Beständigkeit von 1850 Jahre altem Beton*. *Angewandte Chemie* 1935 Nr. 7, S. 124-127
- HANSEN T.C. RILEM Report 6 *Recycling of Demolished Concrete and Masonry*, London. E&FN Spon an imprint of Chapman & Hall. 1992.305p.
- HANSEN, T.C., NARUD, H. Strength of recycled concrete made from crushed concrete coarse aggregate. *Concrete International. Design and construction*, v.5, n.7, p. 79-83, 1983.
- HASABA, S.; KAWAMURA, M.; TORIIK, K Drying shrinkage and durability of concrete made of recycled aggregate. *Japan Concrete Institute*, 1981 nº3 pp 55-60.

- HAYASHI, A.M. Windos of Change – Can skyscrapers withstand stronger hurricanes? *Scientific American*, Jan 2000 p.25-26.
- HELLER, K. Schrifttums-Verzeichnis Deutsche Studiengesellschaft für Trummerwertung, 1958.
- HILL, R. C.; BERGMAN, J.; BOWEN, P.A. A framework for the attainment of sustainable construction. CIB TG 16 Sustainable Construction. *Proceedings*. Tampa, Flórida, November 6-9, 1994.
- HONG KONG POLYTECHNIC (Department of Building end Real Estate); The Hong Kong Construction Association LTD. *Reduction Construction Waste. Final report*. Hong Kong, march 1993. 93 p.
- HUISMAN. C.L.; BRISTON, R.A.; Recycled Portland cement concrete specifications and control in Federal Highway Administration (FHWA) in: National Seminar on PCC Pavement recycling and rehabilitation, St Louis, Missouri USA 1981. Federal Highway Administration. *Proceedings Report FHWA-TS-82-208-1981*. pp 140-143.
- JANSSEN, M.A.; VAN DEN BERGH, J. *SIMBIOSIS: Modelling industrial metabolism in a multi-regional economy system*. Dept. of Spatial Economics-Free University of Amsterdam. 16p.
- JOHN, V.M. *Reciclagem de resíduos na construção civil - contribuição a metodologia de pesquisas e desenvolvimento*. São Paulo, 2000 102p.
- \_\_\_\_\_. *Cimentos de Escória ativada com silicatos de sódio*. São Paulo, Fpusp, 1995b 200p. Tese de Doutorado.
- KAGA, H.; KASSAI, Y.; TAKEDA, K.; KEMI, T. Properties of recycled aggregate from concrete, In International Rilem Symposium on Demolition and Reuse of Concrete and Masonry. 2º Reuse of demolition waste v 2- Nihon Daigaku

Kaikam Tokyo Japan 1998. *Proceedings* Y. Kassai – London, Chapman & Hall Nov-1998 pp 690-698.

KAKIZAKI, M.; HARADA, M.; SOSHIROD, A. Strength and elastic modulus of recycled from concrete, In International Rilem Symposium on Demolition and Reuse of Concrete and Masonry. 2<sup>o</sup> Reuse of demolition waste v 2- Nihon Daigaku Kaikam Tokyo Japan 1998. *Proceedings* Y. Kassai – London, Chapman & Hall Nov-1998 pp 690-698.

KASHINO, N.; TAKAHASHI.; Y. Experimental studies on placement of recycled a aggregate from concrete, In International Rilem Symposium on Demolition and Reuse of Concrete and Masonry 2<sup>o</sup> Reuse of demolition waste v 2- Nihon Daigaku Kaikam Tokyo Japan 1998. *Proceedings* Y. Kassai – London, Chapman & Hall Nov-1998 pp 557-564.

KASSAI, 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, 1998p. 433-444.

LAMPRECHT, H. O Opus Caementitium – Bautechnik der Romer. Schriftenreihe der Bauberatung Zement. *Beton Verlag*, 1984

LAURITZEN, E. K. The global challenge of recycled concrete. In: Use of recycled concrete aggregate. DHIR, HENDERSON & LIMBACHIYA eds. Tomas Telford, 1998.

\_\_\_\_\_. Rilem Buletin in: International Rilem Symposium on Demolition and Reuse of Concrete and Masonry. 3<sup>o</sup>, Odense, Denmark. October 1993. *Materials and Structures* 1994, 27, p 307-310

- LEVY, S.M. *Reciclagem do entulho na construção civil para utilização com agregados para argamassa e concretos*. São Paulo, 1997. 147p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, universidade de São Paulo.
- LEVY, S. M.; HELENE, P.R.L. Reciclagem de entulhos na construção civil a solução política e ecologicamente correta. *In: Simpósio Brasileiro de Tecnologias de Argamassas*, 1º, Goiânia, Brasil. Agosto 1995 Anais. Goiânia, pp 315-325.
- LIDDLE, B.T. Construction for sustainability and the sustainability of the construction industry. *In: CIB TG 16 Sustainable Construction. Proceedings*. Tampa, Flórida, November 6-9, 1994, p. 47-56.
- MATOS, G.; WAGNER, L. *Consumption of Materials in the United States 1900-1995*. US Geological Survey. (1999) 9p.
- MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO Portaria nº 92 de 6 de agosto de 1998.
- NAVARRO, R.F. *Materiais e Ambiente*. João Pessoa: Editora Universitária/ UFPB. 2001 180p.
- ONU Agenda 21. 1992. Disponível na THE FLETCHER SCHOOL Library Resources-Multilateral Projects.
- PINTO, T de P. *Metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos sólidos da Construção Civil*, 1999. 209p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo.
- \_\_\_\_\_. *Perda de materiais em processos construtivos tradicionais*. São Carlos: Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos (texto datilografado), 1989. 33 p.

- \_\_\_\_\_. Reciclagem no canteiro de obras - responsabilidade ambiental e redução de custos. *Téchne* n° 49 nov/dez 2000 p 64-68 Editora PINI São Paulo S.P.
- RAVINDRARAJAH, R.S.; TAM, T.C. Properties of concrete made with crushed concrete as coarse aggregate *Magazine of Concrete Research*. V. 37 n° 130 march 1985 pp. 29-38
- SCOTT, G. & GILEAD, D., *Degradables Polymers, Principles and Applications*, Chapman & Hall, Londres, 1995.
- SCHULZ & HENDRICKS – Report 6 *Recycling of Demolished Concrete and Masonry*, London, E&FN Spon an imprint of Chapman & Hall, 1992. 305p. (Part Two).
- SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. Governo do Estado institui Selo Verde para produtos que respeitam a natureza.
- SJÖSTRÖM, C. Service life of building. In: Applications of the performance concept in building. *Proceedings...* CIB: Tel Aviv, 1996 v.2.
- UNEP (United Nations Environment Programme) *Climate Change-Information Sheets*. Chatelaine, 1999b.62p.
- US GREEN BUILDING CONCIL *LEED Green Building Rating System 1.0 – Leadership in Energy and Environmental Design*. San Francisco, January 1999 (pilot version). 37p.
- VIRJLINBG, J.K. An economic model for the successful recycling of waste materials. In: *Waste Materials in construction*. Goumans, van der Sloot, Aalbers Eds. Elsevier: London, 1991.p.601-618.

WALZ, K. Feststellungen zur Beurteilung von Eigenschaften des Schüttbodyens 1949

Die Bauwirtschaft 3 1949 n°11 pp. 245-248.

WAST AGE. A crisis is building. V23 n.1, p. 26-36, jan. 1992

WRI (World Resources Institute) – *Facts and Figures: environmental data tables 1998-1999.*

YAMAMOTO, J.K. *et al.* Environmental impact reduction on the production of blended Portland Cement in Brasil. *Environmental Geosciences*, v.4 n°4, 1997 p.192-206.

YU, C.; Crump, D. A review of the emission of VOCs from oligomeric materials used in buildings. *Building and environment*. V33, n°6, p.357-374.

XAVIER, L.L.; ROCHA, J.C. Diagnóstico do Resíduo da Construção civil – Início do Caminho Para o Uso Potencial do Entulho. *IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil – Materiais Reciclados e suas Aplicações*. Junho de 2001.

ZORDAN, S. E. *A utilização do Entulho como Agregado na Confecção do Concreto*. Campinas: Departamento de Saneamento e Meio Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Dissertação (Mestrado), 1997. 140p.

ZORDAN, S. E. Entulho da indústria da Construção Civil. Ficha técnica – textos “site” - <http://www.reciclagem.pcc.usp.br>