

ALEXANDRE CARGNIN
LENICE PAULA BASSETTO
SERGIO HENRIQUE LOURENÇO

**OS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E A RECICLAGEM
COMO FERRAMENTA PARA A REDUÇÃO DO SEU
IMPACTO AMBIENTAL E OCUPACIONAL**

EPMI
ESP/EST-2008
B294r

SÃO PAULO
2008

ALEXANDRE CARGNIN
LENICE PAULA BASSETTO
SERGIO HENRIQUE LOURENÇO

**OS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E A RECICLAGEM
COMO FERRAMENTA PARA A REDUÇÃO DO SEU
IMPACTO AMBIENTAL E OCUPACIONAL**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Engenheiros de
Segurança do Trabalho.

SÃO PAULO
2008

DEDICATÓRIA

Aos nossos pais, Nevio Rubens Bassetto e Luiza Paula da Silva Bassetto, ao irmão Marco A. P. Bassetto e ao filho Victor Bassetto, à Dirceu Lourenço e Maria Creusa Vicari Lourenço, à esposa Lana Cardoso Ribeiro Lourenço e à filha Isabela Cardoso Lourenço, que apoiaram todo o tempo, pois o sacrifício só fez sentido pois elas existiam e estiveram do meu lado, à Adelino S. Cargnin e Marilene C. Cargnin, pelo amor, pelo incentivo nos momentos difíceis, e por todo esforço que dedicaram à nossa formação moral e intelectual.

AGRADECIMENTOS

À Deus por nos proporcionar diariamente força e vontade de aprender e desenvolver.

Às nossas famílias pelo incentivo, apoio, estímulo e paciência durante todo o curso.

Ao Prof. Dr. Sérgio Médici de Eston e à todo o corpo docente do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, por todo o conhecimento transmitido durante o curso.

À Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, pela oportunidade de realização do curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho.

Aos nossos colegas de curso, pela amizade e companheirismo que estarão conosco para sempre.

Muitas pessoas merecem aqui nosso agradecimento. Todos os profissionais da área que se dedicaram e concordaram em compartilhar seus conhecimentos.

E à todos aqueles que se interessam pela Segurança e Saúde Ocupacional, pela sua contribuição ao enriquecimento do conteúdo.

EPÍGRAFE

“A perseverança é uma das coisas mais importantes para se chegar ao sucesso. Trabalho e persistência. Também é importante entender bem o que o cliente quer e fazer o máximo para satisfazê-lo. Sempre ganhamos grandes amigos em grandes projetos por agirmos desta maneira.”

Paulo Benites

RESUMO

O presente trabalho busca analisar o reaproveitamento dos resíduos da construção civil, e sua conseqüente influência na redução do impacto ambiental e ocupacional gerado pelos mesmos. Com efeito, a reciclagem de resíduos como materiais de construção é hoje um direito que não guarda pertinência tão somente com o meio ambiente ou com o trabalhador, mas com toda a sociedade, caracterizando-se como um direito coletivo ou um interesse. A construção civil é o setor da economia que mais consome materiais, gera resíduos, e a preocupação Ambiental é hoje uma variável importante a ser observada pelas políticas públicas e pela iniciativa privada. As organizações internacionais, a sociedade e o governo têm exercido grande pressão por uma maior qualidade ambiental, as quais têm levado o poder público a buscas por respostas para essas exigências. A reciclagem é apontada como uma das condições para atingir o desenvolvimento sustentável. A reciclagem possibilita a produção de materiais de construção mais baratos, reduz a extração das reservas naturais, e reduz o uso espaços urbanos como aterros sanitários, juntamente com a redução de custos e economia de uma forma geral. São apresentados no decorrer do trabalho estudos sobre diretrizes, classificação e gestão dos resíduos, bem como características técnicas de composição e propriedades. São salientados estudos recentes sobre usinas do Brasil e Europa, analisando sua viabilidade econômica e seus possíveis impactos sobre o meio ambiente e trabalhadores. Desta forma, a reciclagem de resíduos da construção civil ou resíduos de construção e demolição, pode ser apontado como um instrumento para a redução dos impactos gerados por esta indústria.

Palavras chave: Gestão Ambiental. Desenvolvimento Sustentável. Resíduos da Construção Civil. Reciclagem.

ABSTRACT

This paper seeks to analyze the reuse of civil constructions residues and their consequent influence on the reduction of environmental and occupational impact caused by them. The civil construction is the sector of economy the most consumes materials and produces residues, and the environmental concern is nowadays an important variable that must be observed by public policies and private initiative. International organizations, society and government have pressured for best environmental quality and it has taken the public power to search for answers for these requirements. Recycling is pointed out as one of the conditions to reach sustainable development. Recycling permits the production of cheaper construction materials, it reduces the extraction of natural sources and also the use of urban space, as landfills, along with the cost reduction and economy in a general way. They are presented throughout the study about guidelines, classification and residues management, as well as technical features of composition and properties. Recent studies about usines in Brazil and Europe are highlighted, by analyzing their economical viability and their likely impact on the environment and workers. Thus, recycling of civil construction residues or residues of demolition may be pointed as a tool for the reduction of impacts caused by the industry.

Key words: Environmental management. Sustainable Development. Civil Construction Residues. Ruble. Landfills.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	O fluxo demonstra a estrutura de pensamento entre ecossistemas e desenvolvimento sustentável. Fonte: SCHNEIDER (2000)	25
Figura 2.2	Forças que dirigem a concorrência na indústria. Fonte: Porter (1991)	27
Figura 2.3	Elementos da gestão bem sucedida da SST. Fonte: Cicco (1999 p.16)	29
Figura 2.4	Modelo de produção linear (a partir de CURWELL, COOPER, 1998 e CRAVEN et al., 1996)	32
Figura 2.5	Disposições de entulho, onde temos proliferação de agentes transmissores de doenças; assoreamento de rios e córregos; ocupação de vias e logradouros públicos por resíduos, com prejuízo à circulação de pessoas e veículos, além da própria degradação da paisagem urbana. Fonte: SindusCon-SP(2005).	33
Figura 2.6	Composição média dos entulhos depositados no aterro de Itatinga, São Paulo (a partir de BRITO FILHO, 1999).	40
Figura 5.1	Usina de reciclagem Buko ¹ , em Zaandam, Holanda. a) Vista externa da usina. b) e c) Equipamentos utilizados para reciclagem do RCC. d) Variabilidade da natureza do RCC (MIRANDA, 2001).	53
Figura 5.2	Usina de reciclagem modelo na Itália, de sigla ROSE (BRESSI, 2003).	55
Figura 5.3	Exemplo de usina de reciclagem fixa, modelo ROSE, de propriedade da empresa laçai, em Torino, Itália. Fonte: MIRANDA (2005).	57
Figura 5.4	Exemplo de usina de reciclagem móvel utilizada na Itália. Fonte: MIRANDA (2005).	58
Figura 5.5	Usina de reciclagem de RCC da empresa HME, em Hamburgo, Alemanha. (a) Entrada de resíduos de concreto, no processo de reciclagem. (b) Triagem de RCC por processo manual, semelhante ao hoje utilizado na separação de lixo doméstico. Fonte: MIRANDA (2005).	60

¹ Buko Transport & Recycling. <http://www.buko.com.br>.

	(a) Utilização do agregado reciclado como sub-base na rua Adelina Amaral Pongelupe, em Belo Horizonte/MG. (b)	
Figura 6.1	Calçamento da usina da Pampulha sendo realizado com bloquete reciclado produzido pela própria usina (2003). Fonte: MIRANDA (2005).	65
Figura 6.2	Usina de reciclagem de RCC, em Pampulha, Belo Horizonte/MG (2003). (a) Triagem de RCC. (b) Britador de impacto. Fonte: MIRANDA (2005).	65
Figura 6.3	Usina de Estoril, BH (2003). (a) Entrada da usina, com aspersão de água em RCC. (b) leiras para triagem de RCC. (c) Vista lateral do britador de impacto. (d) e (e) Vistas aéreas da usina de Estoril. Fonte: MIRANDA (2005).	66
Figura 6.4	Unidade de Recebimento de Pequenos Volumes – URPV da Rua Barão Homem de Melo, nº 300, em Belo Horizonte/MG. Fonte: MIRANDA (2005).	68
Figura 6.5	a) Detalhe da parte do britador de impacto. b) Detalhe do equipamento de separação magnética. Fonte Miranda (2005).	70
Figura 6.6	Usina de reciclagem da Prefeitura de Campinas/SP. Fonte: MIRANDA (2005).	73
Figura 6.7	Usina de reciclagem de São Bernardo do Campo/SP, de propriedade da empresa Urbem Tecnologia Ambiental. Fonte: Miranda (2005).	74
Figura 6.8	Equipamentos da usina de reciclagem de Piracicaba/SP. Fonte: Miranda (2005).	76
Figura 6.9	Materiais produzidos na usina de reciclagem de Piracicaba/SP. a) Areia reciclada para assentamento de tijolos. b) Agregado graúdo reciclado. Fonte: Miranda (2005).	76
Figura 6.10	Fabricação de componentes na usina de Piracicaba/SP. a) Maquinário. b) Blocos de vedação. c) Bloquetes. Fonte: Miranda (2005).	77
Figura 6.11	Centro de triagem de RCC de Piracicaba/SP. Fonte: Miranda (2005).	78
Figura 6.12	Usina de reciclagem de Socorro/SP, de propriedade da Irmãos	80

Preto Ltda, em agosto de 2001. a) RCC a ser reciclado. b) alimentação manual do britador com o RCC a ser reciclado. c) Agregado miúdo produzido coma a reciclagem do RCC. d) Pá carregadeira transportando o RCC reciclado. Fonte: Miranda (2005).

- | | | |
|-------------|---|----|
| Figura 6.13 | Usina de reciclagem de RCC de Vinhedo/SP. a) RCC em triagem. b) Equipamento de britagem. c) Peneira vibratória. d) Diferença de tonalidade entre os agregados reciclados tipos "cinza" e "vermelho". Fonte: Miranda (2005). | 82 |
| Figura 6.14 | Usina móvel de reciclagem de RCC do município de Ciriaco/RS (CIDADE DE CIRÍACO, 2003). | 83 |
| Figura 6.15 | Usina de reciclagem de RCC de Macaé. | 84 |

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Massa de RCC gerada em algumas cidades do estado de São Paulo	30
Tabela 2.2	Volume da geração do lixo municipal	33
Tabela 2.3	Volume da geração do RCC em cidades/ países, por localidade.	34
Tabela 2.4:	Propriedades do agregado miúdo(areia) a serem controladas e limites de especificação.	41
Tabela 2.5:	Importância do controle de cada propriedade do agregado miúdo e método de definição de cada ontervalo de variação adotado.	42
Tabela 3.1	Hipóteses utilizadas na avaliação de Usinas de Reciclagem.	48
Tabela 6.1	Características das usinas de Pampulha e Estoril, Belo Horizonte/MG.	67
Tabela 6.2	Evolução da quantidade de RCC reciclado no município de Belo Horizonte/MG.	68
Tabela 6.3	Custos de implantação de usinas de reciclagem e URPV's no município de Belo Horizonte/MG.	69
Tabela 6.4	Custos de operação e manutenção de usinas de reciclagem e URPV's no município de Belo Horizonte/MG.	69
Tabela 6.5	Principais características das usinas de Pampulha e Estoril, Belo Horizonte/MG.	85
Tabela 6.6	Compilação de algumas usinas nacionais.	85
Tabela 6.7	Comparativo das características da usina privada Urbem em São Bernardo do Campo e do modelo ROSE na Itália.	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente.
DOU	Diário Oficial da União
EPI	Equipamento de Proteção Individual.
ISSO	International Organization for Standardization.
MS	Ministério da Saúde.
NBR	Norma Brasileira Registrada .
NHO	Norma de Higiene Ocupacional.
OMS	Organização Mundial da Saúde.
OPAS	Organização Panamericana da Saúde.
RCD	Resíduos de Construção e Demolição.
RCC	Resíduo da construção civil.
RECC	Reciclagem de Entulho da Construção Civil
ROSE	Recupero Omogeneizzato Scarti Edilizia.
URPV	Unidades de Recepção de Pequenos Volumes.
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	18
1.2 JUSTIFICATIVA	18
1.3 METODOLOGIA	20
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	20
2.1 SEGURANÇA NO TRABALHO COM DEMOLIÇÃO E SELEÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	20
2.2 DIRETRIZES E CLASSIFICAÇÕES DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	23
2.3 O MEIO AMBIENTE E A GESTÃO PÚBLICA	24
2.4 DESPERDÍCIO VERSUS RECICLAGEM	29
2.5 A GERAÇÃO DOS RESÍDUOS	31
2.6 O AUMENTO E A MELHORIA DA RECICLAGEM DE RCC.	35
2.7 CONTAMINAÇÃO DO RCC	38
2.8 COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS	39
2.9 PROPRIEDADES DOS AGREGADOS RECICLADOS	40
3. USINAS DE RECICLAGEM	43
3.1 SITUAÇÃO DA RECICLAGEM DE RCC EM ALGUNS PAISES DA EUROPA	45
3.2 SITUAÇÃO DA RECICLAGEM DE RCC NO BRASIL	45
3.3 VIABILIDADE ECONOMICA DE USINAS DE RECICLAGEM DE RCC	47
3.4 USINAS DE RECICLAGEM E OS RISCOS OCUPACIONAIS E AMBIENTAIS	49
4. CONCLUSÕES	50
ANEXO A – Usinas de Reciclagem Européias	52
1 RECICLAGEM NA HOLANDA	52
2 RECICLAGEM NA ITÁLIA	53
3 RECICLAGEM NA ALEMANHA	59
3.1 A usina de recilcagem da Buhck GmbH & Co. KG	60
3.2 A usina de recilcagem de RCC da Hermann Wellmann	61

ANEXO B – Usinas de Reciclagem Nacionais	63
1 RECICLAGEM EM BELO HORIZONTE/MG	63
2 RECICLAGEM EM SÃO PAULO /SP	69
3 RECICLAGEM EM CAMPINAS/SP	71
4 RECICLAGEM EM SÃO BERNARDO DO CAMPO/SP	73
5 RECICLAGEM EM PIRACICABA/SP	75
6 RECICLAGEM EM RIBEIRÃO PRETO/SP	78
7 RECICLAGEM EM SOCORRO/SP	79
8 RECICLAGEM EM VINHEDO/SP	81
9 RECICLAGEM EM CIRÍACO/RS	83
10 MACAÉ/RJ	84
11 COMPILAÇÃO DE DADOS DAS USINAS NACIONAIS	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87

1 INTRODUÇÃO

O grande volume de resíduos gerados na indústria da construção, e a dificuldade de proporcionar uma destinação adequada a esses resíduos resulta, além do impacto ambiental, num impacto ocupacional, tanto aos trabalhadores que manuseiam os resíduos como à comunidade e aos demais trabalhadores nela inseridos.

A reciclagem de entulho de construção vem da Antiguidade. Porém apenas no século passado, com a reconstrução da Comunidade Européia após a segunda grande guerra mundial, o tema passou a ter uma maior abordagem.

A preocupação com esses resíduos no Brasil é diferente de países da Comunidade Européia e Estados Unidos. Neste último já existe a preocupação desde a década de 1960, onde já havia uma política específica para este fim, conhecida como *Resource Conservation and Recovering Act* (RCRA) ou Lei de Conservação e Reciclagem de Recursos.

No Brasil ainda se discute uma legislação mais abrangente e eficaz neste sentido. Temos a Lei 6.938/81, que trata da Política Nacional de Meio Ambiente, e consequentemente da gestão ambiental.

A Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1991), já alertava que problemas ambientais com que nos defrontamos não são novos, no entanto, sua complexidade começou a ser entendida apenas recentemente. Antes, nossas preocupações voltavam-se para os efeitos do desenvolvimento sobre o meio ambiente. Hoje, temos de nos preocupar também com o modo como a deterioração ambiental pode impedir ou reverter o desenvolvimento econômico.

Até o surgimento da resolução nº. 237/97 do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, a responsabilidades pelas políticas do meio ambiente ficavam nas mãos dos órgãos estaduais e federais.

Esta resolução passou para os municípios, a competência da avaliação dos impactos ambientais locais causados pelos empreendimentos, onde a responsabilidade do governo municipal é coordenar as ações e desenvolver, juntamente com sua comunidade, um pensamento ambiental lógico, visando à implantação de normas que forneçam base para controlar a deterioração

ambiental, tendo em vista a reabilitação das áreas afetadas e a reutilização dos materiais buscando, além da preservação ambiental, um desenvolvimento sustentável e desenvolvimento econômico.

Vê-se ainda o surgimento pelo governo Federal em 1999, do Programa Brasileiro de Reciclagem (PBR) e de leis protecionistas como a Lei de Crimes Ambientais de nº. 9.605/98, que estabelece sanções às pessoas físicas e/ou jurídicas, responsáveis e aos coniventes inclusive, que são aqueles que, sabendo do crime ambiental, tiveram a oportunidade de impedir o crime ambiental, e não o fizeram.

Além da Resolução 307 do CONAMA, de 05/07/02, Diário Oficial da União (DOU) 17/07/02, que estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil, colocando as ações mínimas necessárias a fim de minimizar os impactos ambientais. Em 16 de agosto de 2004 o CONAMA acrescenta a Resolução nº 348 alterando a Resolução CONAMA nº 307.

A cadeia produtiva da construção civil é o setor da economia que mais consome materiais naturais e materiais silicosos, além de ser um dos principais geradores de resíduos da economia, caracterizando-se por ser uma potencial recicladora. Conseqüentemente, muitos resíduos de processos térmicos, metalúrgicos e de tratamento ambiental que possuem sílica podem ser reaproveitados na indústria da construção civil. Além disto, os materiais utilizados nesta indústria não tem a exigência de resistências mecânicas muito elevadas, como na indústria mecânica (JHON, 1999, 2000, apud JADOVSKI, 2005).

Miranda (2005) afirma que é extremamente necessário reciclar os resíduos gerados, pelo problema ambiental que causam desde a sua extração até a deposição como entulho. A construção civil é o setor responsável pela parcela predominante da massa total dos resíduos sólidos urbanos e pelo consumo do maior volume de recursos naturais do planeta, em estimativas que variam entre 15% e 50% das jazidas minerais exploradas, sendo que seus produtos consomem grande energia no processo fabril (JOHN, 1999).

Porém a reciclagem dos resíduos de construção civil com fins de reaproveitamento à construção no Brasil, encontra-se ainda atrasada. Seu estudo começou com o trabalho de Pinto (1986), e vem lentamente aumentando com novos trabalhos como o de Aguiar (2004), Ângulo (2000), Carneiro et al. (2001),

Carrijo(2005), Dias(2004), Levy (1997, 2000), Miranda (2000, 2005), Pinto (1986), Pietra (2005), Zordan (1997).

O volume de entulho gerado na construção civil nas cidades brasileiras apresenta desperdício de material desde a sua extração, passando pelo seu transporte e chegando à sua utilização na construção. Todos os dias grandes quantidades de entulho são lançadas diariamente nas cidades brasileiras e na maioria dos casos são misturados ao lixo comum, ocupando espaço nos aterros sanitários e ficando sem utilidade.

Os custos deste desperdício estão distribuídos por toda a sociedade, não só pelo aumento do custo final das construções como também pelos custos de remoção e tratamento do entulho. Muitas vezes, o entulho é retirado da obra e disposto clandestinamente em locais como terrenos baldios, margens de rios e de ruas das periferias.

As Prefeituras comprometem elevados recursos para a remoção ou tratamento desse entulho: tanto há o trabalho de retirar o entulho da margem de um rio como o de limpar galerias e desassorear o leito de córregos onde o material termina por se depositar. A destinação clandestina de resíduos da construção civil (RCC) está diretamente relacionada com as enchentes, causadas por assoreamento dos córregos, por lançamento em terras baixas, junto a drenagens, e deslizamentos em encostas devido a depósitos instáveis (JOHN, 2000; HAMASSAKI, 2000; PINTO, 2001).

A deposição irregular de RCC na malha urbana traz prejuízos à paisagem com a poluição visual e obstrução de vias de tráfego. Depósitos clandestinos podem também conduzir à uma posterior deposição de resíduos não inertes(lixo domiciliar), causando a proliferação de roedores, insetos, e, conseqüentemente, de doenças.

Observando a definição de Gestão Ambiental, denota-se que a mesma indica um conjunto de ações envolvendo a sociedade, o setor produtivo e as administrações públicas a fim de incentivar o uso sustentável e lógico dos recursos ambientais renováveis e não renováveis, conservando e desenvolvendo ao máximo em todos os níveis. Entendemos que a Engenharia de Segurança do Trabalho está muito fortemente ligada a isto, não podemos nos atentar apenas à segurança do trabalhador no que tange os perigos iminentes em cada trabalho, devemos sim observar, atentamente, os perigos indiretos que podem acometer

os trabalhadores pela não reciclagem do entulho, bem como o risco ao qual expomos a comunidade.

Empreendedores como, por exemplo, a prefeitura de Belo Horizonte em Minas Gerais e ONG's, tem buscado em suas ações a substituição de matérias primas pelo consumo dos resíduos, reduzindo assim o volume dos aterros, evitando a contaminação do meio ambiente e gerando novos empregos. Desenvolvem também novos processos e projetos que buscam a descontaminação de áreas como aterros sanitários e, conseqüentemente, a reutilização das mesmas pela sociedade.

1.1 OBJETIVOS

Reunir informações sobre Reciclagem de Entulho da Construção Civil (RECC), a fim de contribuir para o desenvolvimento de novas técnicas de reciclagem e aproveitamento do entulho da construção civil por parte de empresas de demolição, coletoras e recicladoras de entulho, construtoras e administrações municipais, reduzindo assim o impacto ambiental gerado e melhorando a segurança e qualidade de vida da comunidade, e, em especial, dos trabalhadores que tem contato direto com esses resíduos.

1.2 JUSTIFICATIVA

Surge a necessidade de intensificar estudos, debates e pesquisas, alcançando uma ampla abrangência, no intuito de desenvolver novas técnicas e práticas de manejo dos resíduos da construção civil, que não mais agredam o meio ambiente, assegurando a perpetuidade dos ecossistemas para as futuras gerações. É um tema de ampla abrangência, que direta ou indiretamente afeta outras tantas áreas, todos vivemos, trabalhamos e/ou nos divertimos em ambientes produzidos humanamente, o que o torna ainda mais urgente e atual.

Este estudo se justifica pelas necessidades ambientais e ocupacionais, principalmente no que tange criar ambientes de trabalho cada vez mais seguros aos expostos direta ou indiretamente a resíduos sólidos da construção civil, além das sócio-econômicas já percebidas mundialmente, da reutilização dos resíduos sólidos da construção civil, que hoje ocupam aterros sanitários, dando a eles uma

nova destinação, tecnicamente adequada para a preservação do Meio Ambiente, agregando ainda a imagem da organização e de seus responsáveis, bem como as novas oportunidades àqueles cidadãos que se encontrem marginalizados na sociedade.

Sabe-se da complexidade de um processo de pesquisa, que envolve testes específicos e desenvolvimento de processos de reciclagem de resíduos que sejam viáveis para implantação no mercado da construção civil, que necessitam ser realizados. É necessário observar a viabilidade do mercado, pois os benefícios sociais somente serão eficazes se o novo produto efetivamente reduzir o volume de aterros, sendo consumido no lugar dos recursos naturais já bem escassos, não contaminar o meio ambiente, tampouco a saúde da população e ainda gerar empregos.

Uma obra pode fornecer um entulho inerte e outra pode apresentar elementos que o tornem não-inerte ou até mesmo perigoso, como a presença de amianto que, no ar é altamente cancerígeno.

Há também os requisitos e conceitos das Normas ISO 9001 (Qualidade), ISO 14000 (Meio Ambiente) e Oshas 18000 (Saúde e Segurança), as quais insistem fortemente no ponto sobre a necessidade de um forte comprometimento da Alta Direção de cada empresa em desenvolver uma gestão em toda e qualquer área, ou então nada será feito na prática.

Observando sob um ponto de vista de construção de uma sociedade sustentável, a indústria da construção civil e todos os envolvidos na indústria da construção civil, têm certamente uma importante tarefa em reduzir os maiores impactos gerados por essa indústria, juntamente com o de estabelecer patamares de sustentabilidade no desenvolvimento da atividade de construção de habitações e outros espaços de convívio humano.

A aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável implica no reaproveitamento de RCC e de resíduos de outras indústrias na indústria da construção civil, justificando-se por tantos motivos, entre os quais pode-se destacar: redução da extração de matérias-primas renováveis e não-renováveis, do consumo de energia, do desperdício e da geração de resíduos, redução dos problemas ambientais gerados pela deposição de resíduos de construção civil na malha urbana, introdução de materiais de construção de custo mais baixo no mercado, aumento da durabilidade destes materiais, redução da poluição emitida

na fabricação de um produto, melhoria da qualidade do ambiente construído, criação de novos postos de trabalho para mão-de-obra com baixa qualificação e aumento da vida útil dos aterros sanitários (WILBURN; GOONAN, 1998; JOHN, 1999; MONTEIRO et al., 2001, apud JADOVSKI, 2005).

1.3 METODOLOGIA

O estudo se baseia numa pesquisa teórica e compilação, usando como fonte bibliografias existentes, leis, decretos, e resoluções, além de artigos, reportagens e sites, com a finalidade de coletar informações pertinentes ao desenvolvimento do tema abordado.

Inicia-se abordando a relação da segurança no trabalho com demolição e manuseio de Resíduos da Construção Civil (RCC). São apontadas as diretrizes e classificações dos RCC, enfocando a seguir a gestão pública e suas responsabilidades perante as questões ambientais.

Aborda-se então aspectos técnicos da geração e reciclagem de RCC, além de sua composição e propriedades.

Por fim são pesquisados estudos existentes sobre a situação da reciclagem e usinas no Brasil e na Europa, bem como sobre viabilidade econômica e riscos ambientais e ocupacionais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SEGURANÇA NO TRABALHO COM DEMOLIÇÃO E SELEÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A compreensão de que qualquer forma de gestão é uma atividade coletiva e o sucesso na sua implantação depende da cooperação de todos. De uma maneira ou outra todos estão envolvidos com a execução do trabalho proposto pela empresa, o qual nos leva à gestão de segurança, que deve ser parte importante na execução das tarefas do dia a dia.

De acordo com Barbosa Filho (2001), os cuidados relativos às atividades com cargas e materiais, resultados da demolição de estruturas ou construções, dependem do conhecimento das características individuais dos materiais para

que se faça um gerenciamento da segurança do trabalhador no seu trato, adotando procedimentos para execução do trabalho. Quando estes procedimentos se mostram ineficazes no isolamento do risco se faz necessária a utilização de EPI's conforme o risco da exposição, bem como o treinamento adequado para o seu uso.

Identificar critérios de perecibilidade baseados na temperatura, umidade, insolação, etc, também são importantes para adoção de medidas eficazes na gestão da segurança do trabalhador. Riscos envolvendo materiais perfurantes, poeiras, inflamabilidade, volume, odor, integração entre materiais, além de outras necessidades especiais de guarda e conservação, são necessários para indicar procedimentos no que tange a sistemática da segurança a ser adotada.

Um outro problema identificado em locais de trabalho, é o fato dos trabalhadores se exporem a tarefas de levantamento, deslocamento e manuseio de materiais, onde se faz necessário a adoção de procedimentos e treinamentos para a capacitação dos indivíduos, a fim de que possam reconhecer os riscos, levando o trabalhador a colaborar ativamente no gerenciamento do ambiente em que estão inseridos.

Tais procedimentos são fundamentais para que os mesmos sejam capazes de identificar perigos e riscos na execução de suas tarefas, fazendo com que sua integridade física não seja colocada em risco, o que pode levá-los a lesões em coluna e membros. Isso ocorre também pela inobservância às exigências do próprio corpo, acelerando o ritmo de suas atividades as quais também podem levá-los a acidentes causadores de lesões consideradas simples ou normais para a sua função.

A carga de trabalho estará determinada pelas exigências e pelos esforços de todas as ordens, necessárias à realização de determinado trabalho, sendo sua grandeza física relacionada ao sistema músculo-esquelético. Já que a carga é efetivamente suportada pelo sistema esquelético, devemos observar os seguintes requisitos:

1-) Antes dos 18 anos a formação esquelética não está completa e portanto deve-se evitar esforços no levantamento e deslocamento de cargas.

2-) Após os 45 anos a descalcificação do esqueleto junto a outros fatores pode vir a comprometer a sustentação.

Segundo o National Institute for Occupational Safety and Health – USA (Niosh), a equação a seguir deve ser utilizada para determinar a carga máxima que poderá ser suportada por um indivíduo, sem risco de danos a sua saúde, em condições desfavoráveis quanto ao conjunto de características relativas à atividade de deslocamento. De acordo com Barbosa Filho(2001), a seguir temos a fórmula para o cálculo da carga máxima por indivíduo:

$$C_{\text{máx}} = 23\text{Kg} \times \text{CM} \times \text{CH} \times \text{CV} \times \text{CF} \times \text{CD} \times \text{CA}$$

$C_{\text{máx}}$ – Carga máxima

CM – Manuseio definido como fácil, regular ou difícil;

CH – Distância horizontal entre a carga e o corpo (tão próximo quanto possível)

CV – Distância Vertical do piso ao nível de altura de levantamento (ideal = 75cm);

CF – Frequência de levantamento (ideal é que não ultrapasse um levantamento por minuto);

CD – Deslocamento vertical da carga (que não deve exceder 25cm da altura de levantamento);

CA – Assimetria, em função do ângulo formado perpendicular que passa pelo eixo de simetria do corpo e a rotação do corpo ao realizar a pega da carga (essa rotação deve ser preferencialmente mínima.)

De acordo com a legislação vigente para o manuseio de levantamentos e cargas temos:

NR-17 – item 17.2.2: “não deverá ser exigido nem admitido o transporte manual de cargas, por um trabalhador, cujo peso seja suscetível de comprometer sua saúde ou segurança”;

NR-11 – item 11.1.4: “Os carros manuais devem ter protetores de mão”;

Item 11.2.2 – Fica estabelecida a distância máxima de 60,00m para transporte de um saco;

Item 11.2.4 – Na operação manual de carga e descarga, em caminhão ou vagão, o trabalhador terá o auxílio de um ajudante;

Item 11.2.6 – “A altura de pilha de sacos será correspondente a 20 (vinte) fiadas, quando for usado o processo manual de empilhamento.”

2.2 DIRETRIZES E CLASSIFICAÇÕES DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A Resolução 307 do CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente, de 05/07/02, DOU 17/07/02 (Diário Oficial da União), que estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil, colocando as ações mínimas necessárias a fim de minimizar os impactos ambientais, da seguinte forma:

- Classe A – são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: de construção, demolição, reformas e reparos de edificações, como componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimentos, etc.), argamassa e concreto; de construção demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplenagem; de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios, etc.) produzidas nos canteiros-de obras;
- Classe B – são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;
- Classe C – são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;
- Classe D – são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

A Resolução CONAMA nº 348 vem alterar a Resolução CONAMA nº 307, no que tange a classe D incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos: “são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde”.

Segundo Miranda (2005) apenas o pó do amianto é considerado nocivo à saúde, fato este que vem gerando discussões no meio técnico, citando ainda a classificação pela NBR 10004/04, a qual classifica o RCC por uma classificação diferente, porém não conflitante:

- Classe I: são os que apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, considerados resíduos perigosos;

- Classe II: são os resíduos não perigosos, divididos nas subclasses IIA (não inertes) e IIB (inertes). Os resíduos classificados como Classe A pelo CONAMA seriam classificados como IIB pela NBR 10004/04.

John(1999) indica que o problema de a composição dos resíduos RCC terem variação em concordância com o tipo da obra e sua fase, pode ser superado pela classificação dos RCC ou seu manejo em montes, reduzindo sua variabilidade.

Segundo o Programa Entulho Limpo de 2002, a geração de resíduos classe A ocorre predominantemente nas etapas de instalação dos canteiros de obras, das suas estruturas, alvenarias e revestimentos.

2.3 O MEIO AMBIENTE E A GESTÃO PÚBLICA

De acordo com Schneider (2000), a fim de identificar-se qual é o real papel das administrações públicas municipais na preservação do meio ambiente, precisa-se antes compreender a essência da natureza e a inter-relação entre os ecossistemas. Para isto, é preciso compreender o significado de ecossistema, e em seguida a análise da questão ambiental nas administrações municipais, destacando as principais ações que norteiam as políticas ambientais, a fim de garantir a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável.

Ressalta-se que a deterioração causada pelos impactos ambientais deve fazer parte do cálculo econômico e de políticas de governo, uma vez que a perda ambiental configura um prejuízo real e físico, enquanto destruição da natureza (CAVALCANTI,1996).

Segundo publicações da Federação das Associações de Municípios do Rio Grande do Sul - FAMURS (1998), a Administração Municipal precisa criar unidades específicas para o trato das questões envolvendo o meio ambiente, a fim de verificar a quantidade de problemas causados pela falta de um planejamento adequado, ou seja, de políticas que contemplem o impacto ambiental gerado pelos seus projetos.

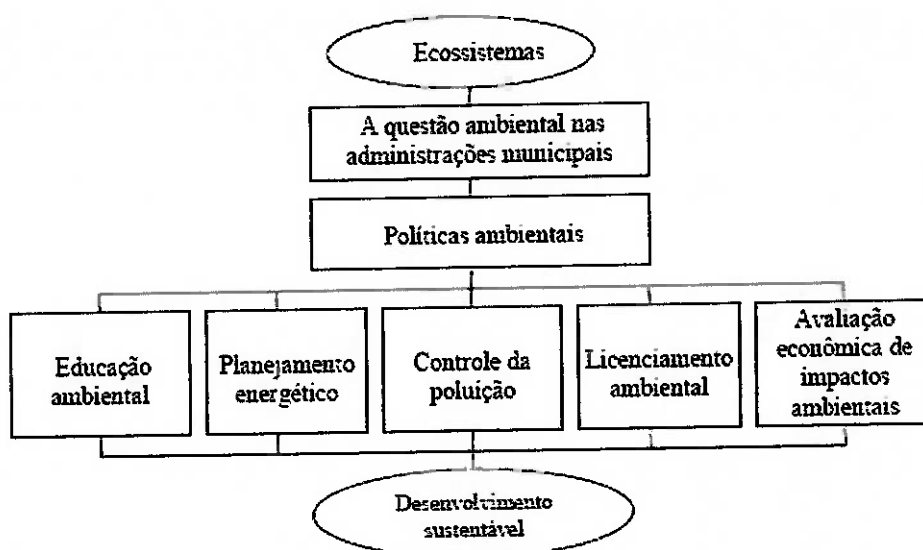


Figura 2.1: O fluxo demonstra a estrutura de pensamento entre ecossistemas e desenvolvimento sustentável. Fonte: Schneider (2000).

Quanto ao significado de desenvolvimento sustentável, Stake (1991) apresenta a seguinte definição:

"Para ser sustentável, o desenvolvimento precisa levar em consideração fatores sociais, ecológicos, assim como econômicos; as bases dos recursos vivos e não vivos; as vantagens e desvantagens de ações; alternativas a longo e curto prazos." (Stake, 1991, p.9)

E Schneider (2000):

"Em essência, o desenvolvimento sustentável é um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações humanas.

Devido a uma mudança de estrutura do mercado, Gonçalves (2000) acredita que:

De um modo geral, o futuro vai pertencer às empresas que consigam explorar o potencial da centralização das prioridades, das ações e dos recursos nos seus processos essenciais. As empresas do futuro deixarão de enxergar processos apenas na área industrial, serão organizadas em torno de seus processos não fabris essenciais e centrarão seus esforços em seus clientes.

McKenna (2000) afirma que com essa clara tendência de mudança tanto no comportamento do mercado como nas necessidades e exigências dos clientes, as organizações precisam compreender ao máximo e em tempo real, quais idéias devem ser geradas e implementadas eficientemente, para sua

continuidade no negócio ou para a identificação de novas oportunidades de negócio.

Nesse enfoque, Bowditch e Buono (1997), afirmam que é também importante observar as mudanças da sociedade sob prismas que levem em consideração os fatores sociais, interações políticas, condições econômicas, fatores demográficos, estrutura legal, sistema ecológico e condições sociais. Tais aspectos são tão importantes para o planejamento e a estratégia empresarial quanto os domínios econômicos e tecnológicos.

Freeman e Reed (1983), sugerem algumas proposições que servem para a elaboração de um guia para a formulação da estratégia:

- generalizar a abordagem do marketing: entender as necessidades de cada um dos envolvidos no negócio da empresa, de forma a compreender as necessidades dos clientes e desenhar produtos, serviços e programas para atendê-los;
- estabelecer processos de negociação: entender a natureza política dos principais envolvidos no negócio da empresa e a aplicabilidade dos conceitos de ciência política, tais como a análise de coalizão e gerenciamento de conflitos;
- estabelecer uma filosofia de decisão que esteja orientada preferencialmente mais para a iniciativa do que para a reação; e alocar recursos baseando-se no grau de importância da turbulência ambiental, ou seja, nos clamores dos envolvidos no negócio.

De acordo com o modelo de Porter (1991), a meta da estratégia competitiva de uma empresa em uma indústria é encontrar uma posição dentro dela, onde a empresa possa melhor se defender contra estas forças competitivas. O entendimento da indústria e dos pontos fortes e fracos da empresa deve ser o ponto de partida para a análise estratégica.

Para Kotter e Heskett (1994), a estratégia é apenas a lógica para conseguir movimento em alguma direção. As crenças e práticas exigidas em uma estratégia devem ser compatíveis com a cultura da empresa e quando não são, em geral a empresa tem dificuldades para implementá-la com sucesso.

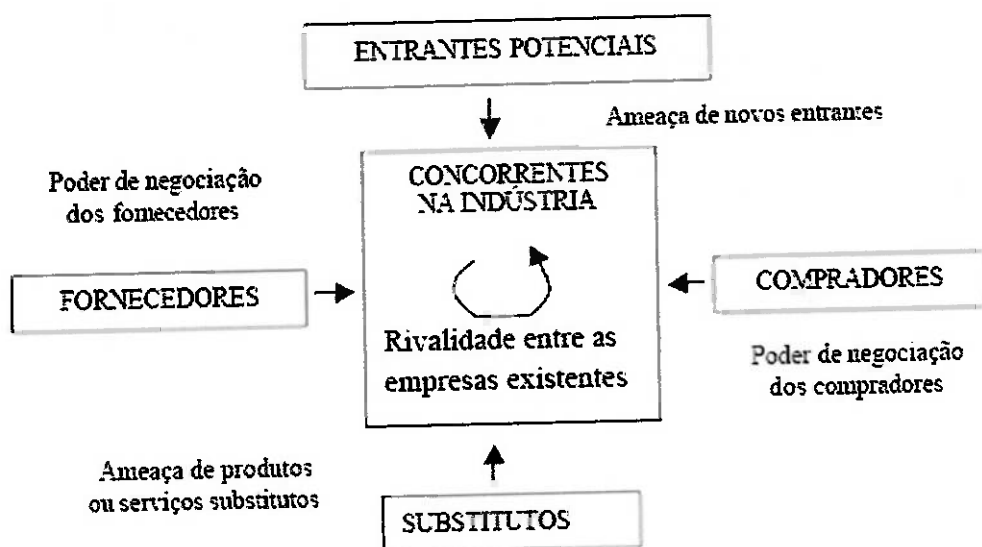


Figura 2.2: Forças que dirigem a concorrência na indústria. Fonte: Porter (1991).

De acordo com Prahalad e Hamel (1995):

[...] a intenção estratégica assegura a coerência da direção. Ela precisa ser suficientemente ampla para deixar espaço para a experimentação em como alcançar o destino. Sem uma noção de direção que os impulse, poucos empregados terão uma noção de responsabilidade para com a competitividade. Direção, descoberta e destino são os testes da intenção estratégica. Transformá-la em realidade, exige que todos os empregados saibam exatamente de que forma sua contribuição é essencial. Eles precisam entender a ligação de seu trabalho com a concretização da meta da empresa [...].

Pires (2000) define competitividade como sendo, em um primeiro plano, a capacidade de competir de uma organização, determinada por seu sistema de gestão. Em um plano mais profundo a competitividade é determinada pelo empenho da Alta Direção, pela competência de seus colaboradores, expressa em suas decisões e em seus comportamentos de como utilizar os recursos, elaborar seu sistema de gestão e atuar no mercado alvo.

Sob o ponto de vista da iniciativa privada, a livre concorrência já cobra uma gestão, tanto de qualidade, quanto de meio ambiente e saúde e segurança. Atualmente os consumidores estão exercendo pressão sobre as empresas por produtos mais apropriados ao meio ambiente. Conforme constatação do autor, não apenas as pessoas físicas que comprem, mas também grandes empresas como é o caso da Petrobrás, Natura, IBM, Boots e B&Q, que estão atuando sobre seu alcance de sua influência, questionando tanto o impacto ambiental dos

produtos que comprem quanto o desempenho ambiental das empresas fornecedoras. Bancos, como o National Westminster Bank, estão exigindo uma avaliação do impacto ambiental, antes de liberar fundos para determinados empréstimos.

Companhias de seguro exigem prêmios maiores para empresas com mau desempenho ambiental e não fazem seguro de alguns riscos ambientais devido as amplas responsabilidades envolvidas. Assim, para as empresas, a questão ambiental passa a afetar sua credibilidade junto à sociedade e sua competitividade, o que diz respeito também diretamente à construção civil.

Conforme argumenta Cicco (2002), a Legislação Ambiental e as Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho (NRs), entre outros requisitos legais, obrigam as empresas a implementar vários programas, tais como o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional(PCMSO), a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes(CIPA), o Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho(SESMT), o Programa de Atendimento a Emergências, entre outros.

De uma forma geral, tanto os programas exigidos pela Legislação como os programas corporativos particulares de cada empresa são implementados de forma isolada, com pouca participação de outras pessoas além dos especialistas em meio ambiente e SST, bem como não são adequadamente sistematizados nem interligados através de um verdadeiro sistema de gestão.

Dessa forma, a gestão integrada de qualidade, meio ambiente, segurança e saúde ocupacional deve surgir nos próximos anos como uma ferramenta bastante significativa para o gerenciamento da empresa.

A partir de 1999, com a publicação da OHSAS 18001 (que é uma norma internacional certificável), as empresas perceberam que é mais efetivo e menos oneroso ter apenas um sistema de gestão do que ter três. Várias empresas, consultorias, e a mídia especializada apontam em seus estudos, as vantagens de uma integração.

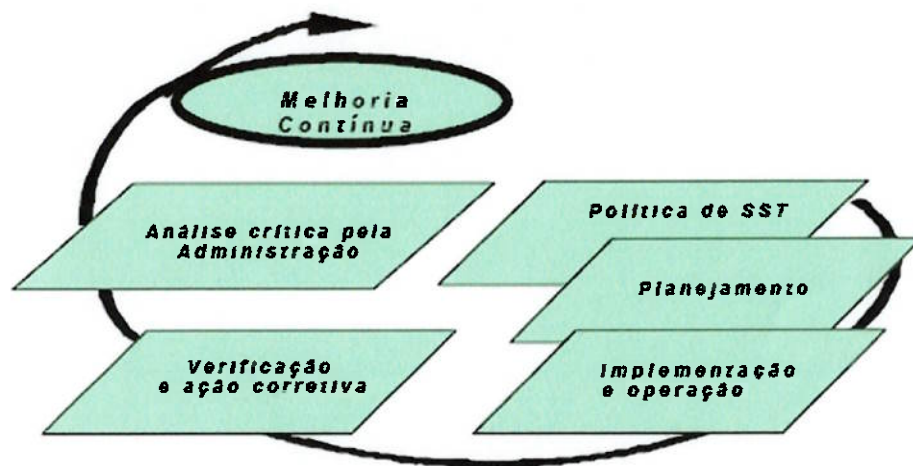


Figura 2.3: Elementos da gestão bem sucedida da SST. Fonte: Cicco (1999).

Assim, conforme argumenta Sanches (2000), as empresas que procuram manter-se competitivas ou mesmo sobreviver e se adequar a essa mudança turbulenta e imprevisível do ambiente organizacional, percebem que é preciso uma renovação contínua na maneira de operar seus processos. Nesse contexto, elas estão se deparando cada vez mais com as questões relativas à preservação do meio ambiente.

2.4 DESPERDÍCIO VERSUS RECICLAGEM

Segundo Miranda (2005), o volume de RCC produzido mundialmente é alarmante. Anualmente são gerados por exemplo na Alemanha cerca de 33 milhões de toneladas (RUCH *et al.*, 1997b). Já na Inglaterra chega a 70 milhões de toneladas anuais (FREEMAN; HARDER, 1997) e, na França. De 20 a 25 milhões de toneladas (BOILEAU, 1997). No oeste da Europa, a quantidade gerada é próximo de 0,7 a 1,0 tonelada por habitante, quase o dobro da massa do resíduo sólido municipal (SIMONS; HENDERIECKX, 1994). Já no Canadá, esse volume representa 35% do total de resíduos produzidos, chegando a 11 milhões de toneladas (ACC, 2001).

Assim o Community European Committee (CEC) (RUTH *et al.*, 1997a), foi considerado resíduo prioritário e sua reciclagem urgente, tem sido estudada entre os países desenvolvidos. A Alemanha recicla cerca de 60% do RCC produzido; a Holanda, cerca de 95% (PUT, 2001). Em média, nos países da comunidade

européia, cerca de 60% do RCC gerado, aproximadamente 180 milhões de toneladas, está sendo reciclado correntemente (MOMBER, 2002).

Como regra geral, quanto maior a cidade, mais grave é a questão dos resíduos de construção (JOHN; AGOPYAN, 2003).

Bossink e Brouwers (1996), apontam o percentual de RCD sobre o total de lixo gerado em diversos países: Estados Unidos de 20 a 29%, Austrália de 20 a 30%, Holanda 26%, Alemanha 19% e Finlândia de 13 a 15%.

No Brasil, Pinto (1999) mostrou que é gerada em média 0,52 tonelada de RCC por habitante e anualmente 150 kg por m² construído, representando de 54% a 70% da massa dos resíduos sólidos urbanos.

Entretanto, Andrade et al. (2001) desenvolveram metodologia para determinar a taxa de geração de RCC em obras novas baseada nas perdas de diversos serviços, e a parcela destas perdas que se transforma em RCC, chegando a taxa de 50 kg/m² construído.

Miranda (2005) nos mostra a estimativa da massa de RCC gerada em algumas cidades paulistas na tabela abaixo.

Tabela 2.1: Massa de RCC gerada em algumas cidades do estado de São Paulo.

Municípios	Geração diária (t.)	Participação em relação aos resíduos sólidos urbanos (%)	Taxa de geração em t/hab. ano
São Paulo /SP	17.240	55	
Guarulhos /SP	1.308	50	
Diadema /SP	458	57	
Campinas /SP	1.800	64	0,62
Piracicaba /SP	620	67	
São J. dos Campos /SP	733	67	0,47
Ribeirão Preto /SP	1.043	70	0,71
Jundiaí /SP	712	62	0,76
São J. R. Preto /SP	687	58	0,66
Santo andré /SP	1.013	54	0,51

Fonte: Miranda (2005).

O indicador de geração de RCC é composto por duas parcelas: a construção formal de novas edificações (taxa de 150 kg/m² construído e massa específica do RCD de 1,2 t/m³) e a execução informal de reformas e ampliações, de acordo com o citado por Pinto (1999). E Picchi (1993) aponta uma taxa de

geração de RCD entre 0,095 t/m² e 0,145 t/m², bastante próximo ao valor adotado por Pinto (1999).

Esta geração elevada e sem reaproveitamento, está congestionando aterros, bota-foras clandestinos e áreas das cidades que poderiam ser aproveitadas de formas mais úteis, como áreas de lazer e recreação para a população, áreas verdes concomitantes com parquinhos e brinquedos, que além de proporcionarem um maior bem estar, poupam as reservas naturais de matéria prima, reintegram espaços, reduzem a poluição visual valorizando os centros urbanos, reduzem a criação de parasitas e roedores e poupa gastos com a remoção do lixo acumulado, prejuízos com as enchentes, proliferação de doenças como a leptospirose e a dengue.

Além de causarem a degradação ambiental, resíduos da construção civil aumentam expressivamente os custos da administração municipal. São Paulo, por exemplo, gasta R\$ 4,5 milhões por mês na remoção de despejos clandestinos (BRITO, 1999). Mesmo em capitais menores, como da Prefeitura de São Luís/MA, dados apresentados durante a audiência pública de 16/09/2005 contabilizam gastos de R\$ 300.000,00/mês com remoção de resíduos e, portanto, a situação não é diferente para esses municípios.

Segundo a Revista *Habitare*, a parceria com um conjunto de universidades, permite o desenvolvimento de técnicas de gestão da qualidade na construção civil e adequação tecnológicas, fundamentais para controlar e reduzir as taxas de desperdício de materiais nos canteiros de obras, além de gerarem trabalho e renda.

2.5 A GERAÇÃO DOS RESÍDUOS

A geração de resíduos tem seu início com a origem da sociedade industrial, a qual tem transformado a natureza de maneira a melhorar a qualidade de vida de uma parcela da população beneficiada. Neste contexto a função da construção civil é a transformação do ambiente natural no ambiente construído, adequado ao desenvolvimento das mais diversas atividades e moradias (JOHN, 2000).

Esta sociedade é orientada pelo paradigma “desbravador” (LIDDLE, 1994), onde existe uma contraposição entre o meio ambiente e o desenvolvimento.

Nesse cenário os defensores do meio ambiente são considerados “antidesenvolvimentistas”.

Esta cultura desbravadora esta associada a um modelo de produção *modelo linear* (CURWELL COOPER, 1998): bens são concebidos, projetados, construídos, utilizados, após sua vida útil, são acumulados no meio ambiente – ar, água, ou depósitos de lixo, juntamente com os resíduos do processo de produção. A Figura 2.4 resume graficamente este modelo.

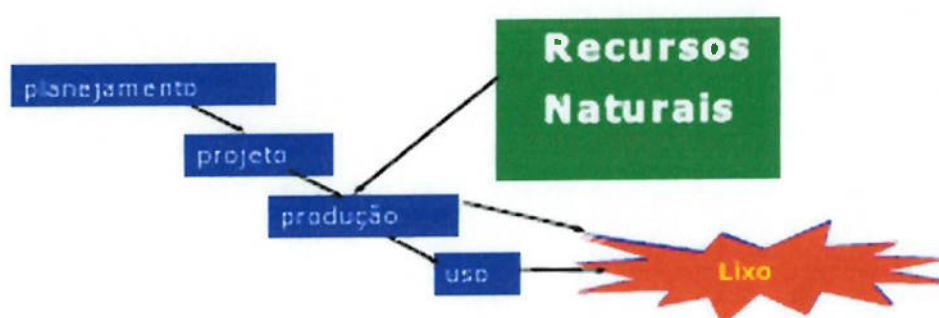


Figura 2.4 modelo de produção linear (a partir de CURWELL, COOPER, 1998 e CRAVEN et al., 1996).

A perda tem um conceito amplo que engloba tanto as ocorrências evitáveis quanto as inevitáveis, para Soibelman (1993) ao passo que o desperdício corresponde somente às ocorrências evitáveis. Ainda conforme este autor, as perdas podem ter natureza aparente (quando se caracterizam pela geração de resíduos) ou natureza oculta (quando os materiais ficam incorporados à construção). Obviamente a perda de materiais tem impacto ambiental, tanto pelo consumo não necessário de materiais como pela geração de resíduos.

À medida que a geração de resíduos se intensifica, pode-se intensificar também a sua reciclagem, mas isso não é suficiente para garantir a estabilidade do fornecimento de sua matéria prima, logo que o mercado de consumo é sazonal.

Para Agopyan et al. (2003) as perdas podem ocorrer em diferentes fases de um empreendimento: concepção, execução e utilização. John (2000) indica que as perdas se tornam mais evidentes na etapa de construção, pois nesta fase as decisões tomadas nas fases de planejamento e projeto ganham dimensão física e aponta que a cadeia produtiva da construção civil gera resíduos nas fases

de produção de materiais e componentes, atividade de canteiro, manutenção, modernização e demolição. Os resíduos gerados durante as quatro últimas fases são conhecidos como resíduos de construção e demolição (RCD), (JOHN, 2000). São ainda vulgarmente chamados de entulho de obra, metralha ou calça.

Encontra-se dificuldades no desenvolvimento de uma técnica que tenha aplicação comercial para cada resíduo. Analisando todos os resíduos gerados (serviços de saúde, industrial, domiciliar, comercial, público, construção civil e de agrícola), vemos que o resíduo sólido municipal (domiciliar, comercial e público) é o mais visível, onde a geração de RCC é o praticamente o dobro em relação à geração de resíduos sólidos municipais.

Tabela 2.2: Volume da geração do lixo municipal.

Autor	Localização	Geração do lixo municipal	Observações
CETESB, 1999	Brasil	0,7 kg/hab.dia ou 255 kg/hab.ano	Para cidades com mais de 500.000 habitantes
LAURITZEN, 1998	Europa	390 kg/hab.ano	confirmado em Vázquez (2001, p.22)
FRANGIPANE et al., 1999		296 à 631 kg/hab.ano	
STATISTICS CANADÁ, 1999	Canadá	460 kg/hab.ano	1996
EPA, 1996	EUA	720 kg/hab.ano	1993

Fonte: (Jadovski, 2005).



Figura 2.5: Disposições de entulho, onde temos proliferação de agentes transmissores de doenças; assoreamento de rios e córregos; ocupação de vias e logradouros públicos por resíduos, com prejuízo à circulação de pessoas e veículos, além da própria degradação da paisagem urbana. Fonte: SindusCon-São Paulo (2005).

Na tabela 2.3 encontram-se dados de uma coletânea de autores, sobre a taxa de geração de RCC. Pode-se observar discrepâncias entre os valores

apresentados pelos autores citados, como por exemplo na Alemanha, aonde há dados de geração de RCC de 33 milhões t/ano e 44 milhões t/ano, e na cidade de São Paulo aonde há dados de geração de RCC de 4 mil t/dia e 17 mil t/dia. Estas discrepâncias são consequências da dificuldade na coleta de dados por tratar-se de resíduos de grandes massas e volumes gerados.

Tabela 2.3: Volume da geração do RCC em cidades/ países, por localidade.

Autor	Localização	Geração do RCC	Observações
De Baptisti, 1999	São Paulo	107.000 ton/mês	Inclusos aterros clandestinos
Brito Filho, 1999		144.000 m³/mês	
Hamassaki, 2000		4 mil ton/dia, ou 90.000 m³/mês	Ano 2003
Schneider e Philippi Jr., 2004		17.000 ton/dia	
Corbioli, 1996	Belo Horizonte	1.200 ton/dia e 1.800 ton/dia de terra	Ano de 1993, com custo anual de remoção de US\$ 1.000.000
John, 2000	Brasil	230 a 760 kg/hab.ano	Entre 41% e 70% do resíduo sólido municipal
Hanish et al., 1991, apud Bossnik e Brouwers, 1996	Alemanha	32,6 milhões ton	Ano 1991
Kohler e Kircher, 1993, apud Bossnik e Brouwers, 1996		44 milhões ton/ano	Ano 1993
Ruch et al. 1997b, apud Miranda, 2000.		33 milhões ton/ano	Ano 1996
Lauritzen (1998)	Alemanha	79 a 300 milhões ton/ano ou 963 a 3658	
	Bélgica	7,5 a 34,7 70 milhões ton/ano ou 735 a 3359 kg/hab.	
	Dinamarca	2,3 a 10,7 milhões ton/ano ou 440 a 2010 kg/hab.	
	Itália	35 a 40 milhões ton/ano ou 600 a 690 kg/hab.	

continua

Bossnik e Brouwers, 1996	Holanda	14 milhões ton/ano	Ano de 1993
Leite 2001		15 milhões ton/ano, ou 1 ton/hab.ano	Ano de 1996
Freeman e Harder 1997, apud Miranda, 2000	Inglaterra	70 milhões ton/ano	
Boileau 1997 et al., apud Miranda, 2000	França	20 a 25 milhões ton/ano	
Lauritzen, 1998	União Européia	607 a 918 kg/hab.ano	
Dorsthorst e Hendriks, 2000, apud Leite, 2001		180 milhões ton/ano ou 0,5 ton/hab.ano	
Vázquez 2001		221 a 334 milhões de ton/ano ou 607 a 918 kg/habitante ano	
European Demolition Association, 1992, apud Pera, 1996	Europa Ocidental	215 milhões ton/ano	Ano 2000, sendo 80% proven. de demolições
Buchner e Scholten, 1992, apud Bossnik e Brouwers, 1996	Oeste da Europa	215 milhões ton/ano	Ano 2000
Simons; Henderieckx, 1993, apud Miranda, 2000		0,7 a 1,0 ton/hab.ano	
Desmyter et al., 1994, apud Pera, 1996		0,7 a 1,0 t/hab.ano	
Peng et al., 1997, p.49	Estados Unidos	20 a 30 kg/m² de área construída ou 500 kg/habitante ano	
Tolstoy, Börklund & Carlson (1998)	Suécia	1,2 a 6 milhões ton/ano ou 136 a 680 kg/hab.	
Detr (1998); Lauritzen (1998)	UK	50 a 70 milhões ton/ano ou 880 a 1120 kg/hab.	
Fonte: (Jadovski,20005).			Conclusão.

2.6 O AUMENTO E A MELHORIA DA RECICLAGEM DE RCC.

Buscando o desenvolvimento sustentável, encontra-se em Kilbert (1994 apud John, 2001), que não é uma tarefa simples reduzir o impacto ambiental, é necessário agir em diferentes frentes, simultaneamente de forma organizada e conjunta, como, por exemplo, enquanto se minimiza o consumo, maximiza-se a

reutilização de recursos (reutilização de materiais e componentes) além de usar recursos renováveis e/ou recicláveis.

Consultando John (2000), conclui-se que dessa forma pode-se preservar as já escassas fontes de recursos naturais e as paisagens, flora e fauna. Aliado a esse pensamento, conseqüentemente despesas poderão ser transformadas em renda, logo que custos serão reduzidos gerando oportunidades de negócios.

Pinto (1999) aponta que o custo da gestão corretiva dos RCC é elevado, situando-se entre 5,37 US\$/ton e 14,78 US\$/ton, conforme o local e as técnicas de recolhimento, e os custos de remoção de RCC em 1997 no município de Santo André situavam-se entre 1,40 R\$/m³, para uma distância entre remoção e destino de 2 km, e 8,80 R\$/m³, para uma distância de 16 km (PINTO, 1999).

De acordo com Brito Filho (1999), a prefeitura de São Paulo recolhe diariamente 4 mil toneladas de RCC, com um custo mensal de R\$ 4,5 milhões. Lima e Silva (1998) apontam o valor de US\$ 8/ton para os custos de correção das deposições irregulares (remoção dos rejeitos, eliminação de animais danosos, recuperação do local degradado).

A primeira alternativa considerada por diversos autores seria reduzir a geração de resíduos, pois considerando os impactos ao meio ambiente em níveis de agravamento, podemos colocar a geração de resíduos no topo da cadeia, quando em avaliação do nível de impacto causado ao meio ambiente. Esta alternativa está diretamente relacionada com programas de qualidade e produtividade das empresas.

Como segundo e terceiro pontos tem-se as ações de reutilização e a reciclagem dos resíduos, além da compostagem e a incineração para alguns produtos específicos. Por último, caminhando-se para o alto impacto ambiental, encontra-se aterramento, possibilidade a qual devemos evitar a todo custo.

Pinto (2001) nos mostra que os custos apropriáveis muitas vezes se aproximam ou ultrapassam o valor dos materiais descartados. Leite (2001) destaca que se forem computados os menores gastos no gerenciamento e transporte dos resíduos, a menor velocidade de esgotamento dos aterros sanitários ou de inertes, entre outros, a economia conseguida com a reciclagem é ainda maior.

A vantagem ambiental de um processo de reciclagem, somente pode ser dada como certa, após a análise específica. Conforme Cincotto (1988), para que

um resíduo possa ser usado na construção civil, ele não deve ser potencialmente nocivo durante a construção e uso da edificação. Neste sentido, Angulo (2000) indica a reciclagem também pode causar impacto ambiental, principalmente em atividades de transporte, reprocessamento e geração de novos resíduos.

Angulo et al. (2001) destaca a necessidade de avaliar-se o risco ambiental da reciclagem de RCC para produção de argamassas e concretos, mesmo apresentando viabilidade do ponto de vista tecnológico e econômico.

John (2000) aponta que o setor da construção civil é caracterizado pela dificuldade de introdução de novas tecnologias. Sempre nos foi recomendada a espera de dez anos para o uso seguro de novos materiais e técnicas, pensamento este que dificulta o uso de agregados recicláveis. Para superação destas barreiras, ele entre outros, indica as seguintes ações:

- a) criação de mercados usando o poder de compra do estado;
- b) estabelecimento da obrigação de um conteúdo mínimo de materiais reciclados em um determinado produto;
- c) o encarecimento da deposição do resíduo através do estabelecimento de taxas de deposição, como ocorre em países da comunidade europeia como na Inglaterra e na Dinamarca. Ação também destacada por Elias-Ozkan (2001, apud Jadovski, 2005). Na França há uma lei que só permite a aterragem de resíduos últimos, a partir de 1992, e há ainda uma seleção mínima de inertes e resíduos tóxicos sobre todos os locais de construção Boileau et al. (1997, apud Miranda, 2000);
- d) redução dos custos dos produtos reciclados através de isenções fiscais para produtos contendo resíduos, Simpson (1999) igualmente destaca o uso de incentivos políticos e fiscais.

- e) compartilhamento dos riscos.

Na comunidade europeia já encontramos diversas medidas que buscam aumentar a reciclagem de RCC.

A fim de estimular a reciclagem buscamos ferramentas e encontramos algumas em Simons e Henderieckx (1994, apud MIRANDA, 2000):

- a) os agregados reciclados devem ser utilizados com sólidas técnicas em obras públicas, para além de aumentar o mercado atrair investidores privados;
- b) a criação de marca oficial para produtos reciclados, como uma garantia de boa qualidade do produto;

c) emissão de novas especificações para os trabalhos de demolição, de forma a obter maior quantidade e canalização de produtos recicláveis;

d) incentivo pela iniciativa pública à criação de indústrias de reciclagem pelo setor privado;

e) criação da necessidade de novas aplicações do material reciclado, priorizando as atividades que utilizem grande quantidade deste material.

Nesse sentido, Elias-Ozkan (2001, apud Jadovski, 2005) propõe algumas medidas para facilitar o uso de agregados reciclados, entre as quais destacam-se:

a) permissão municipal, com vistoria prévia, para demolição de construções onde sejam listadas as quantidades de cada resíduo gerado e sua correta destinação;

b) penalização para os proprietários no caso de efetuarem a demolição sem ou em desacordo com esta permissão;

c) criação de normas para utilização de agregados reciclados. Ação também destacada por Wilburn e Goonan (1998). Nesta linha, o Brasil já tem normas específicas para áreas de transbordo, triagem, aterro e reciclagem de RCC e para utilização de agregados reciclados em pavimentação e produção de concreto sem função estrutural, são elas: NBR 15112, NBR 15113, NBR 15114, NBR 15115 e NBR 15116 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 2004).

2.7 CONTAMINAÇÃO DO RCC

Um dos maiores problemas encontrados na reciclagem dos resíduos é a sua contaminação. Em alguns casos eles podem conter contaminações importantes.

Estas contaminações podem tanto ser oriundas da fase de uso da construção a partir dos quais foram gerados quanto do seu manuseio posterior. Estes contaminantes podem afetar tanto a qualidade técnica do produto contendo o reciclado quanto significar riscos ambientais.

Conforme Lima (1999), e Hansen (1992), apud Jadovski (2005), pode-se considerar contaminantes no reciclado praticamente todos os materiais minerais

não inertes ou materiais que prejudicam a qualidade de concretos e argamassas, tais como: cloretos, sulfatos, matéria orgânica, produtos industrializados leves (papel, plástico, tecido, borracha, etc.), vidro, betume, vegetação, terra, gesso, madeira, refratários, metais, álcalis e areias industriais quimicamente contaminadas. A determinação de quais materiais são impurezas e quais os teores destes materiais são admissíveis depende do uso pretendido para o agregado reciclado

Segundo John e Agopyan (1999), precisamos limitar o uso de RCC em concreto armado, que sejam oriundos de obras expostas à atmosfera marinha, pois podem estar contaminados por sais que levam a corrosão de materiais.

2.8 COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS

A proporção entre as fases dos produtos é muito variável depende da sua origem. Resíduos produzidos, por exemplo de manutenção de obras de pavimentação naturalmente vão apresentar composição compatível com os materiais empregados, tendo especialmente asfaltos.

Podemos classificar suas composições, segundo John e Agopyan (1999), principalmente em:

- a) solos;
- b) cerâmicos: vidro, concreto, argamassas a base de cimento e cal, cerâmica vermelha, cerâmica branca, cimento-amianto, gesso-pasta e placa e rochas naturais;
- c) metálicos: latão, chapas de aço galvanizado, ou aço para concreto armado;
- d) orgânicos: madeira natural ou tratada, plásticos, betuminosos, tintas e adesivos, papéis de embalagem, restos de vegetais entre outros produtos de limpeza de terrenos.

As possibilidades de reciclagem dos resíduos variam conforme sua composição. Praticamente todos os resíduos cerâmicos podem ser beneficiados como agregados com diferentes aplicações. Enquanto os agregados predominantemente de concretos estruturais e de rochas naturais de rochas naturais podem ser recicladas como agregados para a produção de concretos estruturais, de acordo com John e Agopyan (1999).

Já a presença de fases mais porosas e de menor resistência mecânica, como argamassas e produtos de cerâmica vermelha e de revestimento, provoca uma redução da resistência dos agregados e um aumento da absorção de água. Assim agregados mistos tem sua aplicação limitada a concretos de menor resistência, como blocos de concreto, contra-pisos, camadas drenantes, etc.

Uma aplicação já tradicional no mercado – embora ainda apresente problemas técnicos – é a reciclagem destes resíduos mistos na produção de argamassas em canteiro, através de equipamento específico (BRITO FILHO, 1999).

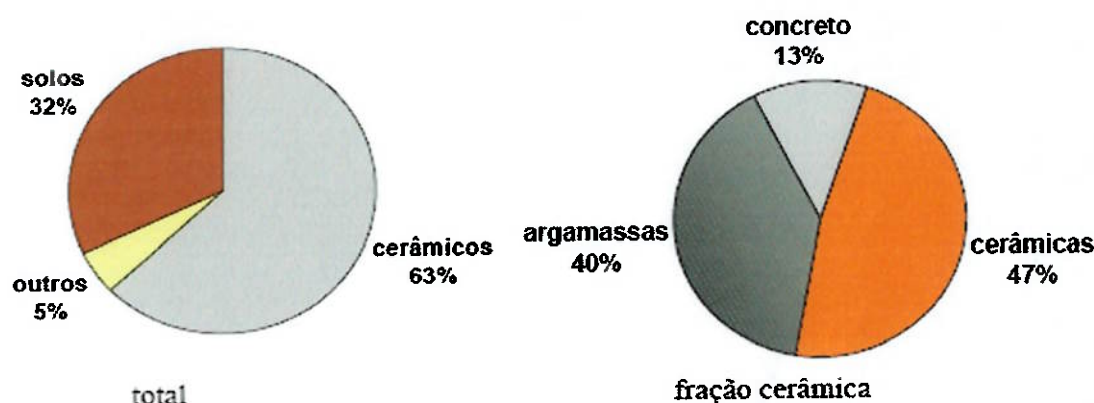


Figura 2.6: Composição média dos entulhos depositados no aterro de Itatinga, São Paulo (a partir de BRITO FILHO, 1999).

Dentro das composições citadas, se houver produtos de gesso fica limitado seu uso, pois são solúveis em água e apresentam reações expansivas com o cimento Portland.

Frações compostas de solo misturado a materiais cerâmicos e teores baixos de gesso, podem ser recicladas na forma de sub-base e base para pavimentação. A fração metálica é facilmente vendida a indústria da sucata. As demais frações, especialmente madeira, embalagens e gesso ainda não dispõe de tecnologia de reciclagem.

2.9 PROPRIEDADES DOS AGREGADOS RECICLADOS

Os agregados reciclados apresentam grande variação em suas propriedades, dependendo da composição do resíduo processado, da

granulometria, dos equipamentos utilizados, do teor de impurezas, etc, (JADOVSKI, 2005).

Entre as diferenças mais significativas no que tange os agregados convencionais estão o teor de finos, a maior absorção de água dos grãos, a composição heterogênea e a menor resistência mecânica (BARRA, 1996; LIMA, 1999).

Hansen e Narud(1983), indicam que quanto menor a resistência do concreto original e quanto maior a quantidade de argamassa aderida ao agregado reciclado, mais afetadas são suas características físicas e mecânicas. Angulo(2000) constatou significativa variabilidade da composição dos agregados reciclados e aponta a formação de pilhas de homogeneização como medida para redução da variabilidade destes agregados.

Tabela 2.4: Propriedades do agregado miúdo(areia) a serem controladas e limites de especificação.

Propriedade	Amplitude de variação	Limites de especific. para revest. interno
Absorção de água do agregado (%)	3,0	-
Teor de finos < 75 μ m (%)	3,0	< 5,0
SO4 solúvel	-	< 0,077%
SO3 total	-	<1%
Consistência (mm)	50	280 a 330
Densidade da massa fresca (kg/m ³)	150	>1700
Resistência à tração na flexão (MPa)	1,0	> 0,5
Densidade da massa endurecida (kg/m ³)	200	

Fonte: Miranda (2005).

Deve-se atentar para as propriedades a serem controladas e seus limites de especificação, de acordo com Miranda (2005). Outros procedimentos para a homogeneização dos agregados reciclados podem ser: misturar as partidas de diferentes tipos de resíduos no momento da entrega, alternar os resíduos de tipos diferentes ao alimentar o núcleo de reciclagem com a pá-carregadeira e retirar material de diversas camadas das pilhas no momento da expedição (LIMA, 1999).

Segundo Miranda (2005) devem ser realizados alguns ensaios, com o intuito de fornecer ao consumidor uma estimativa de dosagem do cimento para atingir os limites de norma, a qual por exemplo no caso da resistência de aderência para paredes internas é de, no mínimo 0,20 MPa. A simples visita regular às obras executadas com areia reciclada por um funcionário bem treinado da usina, já poderá indicar a necessidade ou não de ajustes no processo para controle de desempenho dos revestimentos, logo que o material reciclado apresenta algumas alterações em relação ao agregado natural.

Tabela 2.5: Importância do controle de cada propriedade do agregado miúdo e método de definição de cada intervalo de variação adotado.

Propriedade	Importância	Método de definição do intervalo
Absorção de água do agregado	Influência na densidade de massa aparente do agregado, consumo de água, consistência e resistência mecânica das argamassas	Miranda (2005)
Teor de finos < 75 mm	Influência no consumo de água, resistência mecânica das argamassas e fissuração dos revestimentos	Miranda (2005)
Módulo de finura	Influência na curva granulométrica, auxílio no plano de manutenção do moinho e da peneira	Miranda (2005)
Teor de sais solúveis	Causador de patologias nos revestimentos	IGS, AGUIAR (2004)
Consistência	Controle da trabalhabilidade das argamassas	Miranda (2005)
Densidade de massa fresca	Determinação indireta do teor de ar aprisionado, de influência na consistência e nas propriedades do estado endurecido, necessário para cálculo do consumo de cimento	Miranda (2005)
Resistência à tração e densidade de massa endurecida	Influência no desempenho dos revestimentos	Miranda (2005)

Fonte: Miranda (2000, 2005).

3 USINAS DE RECICLAGEM

Segundo Miranda (2005), a Europa é o continente onde são encontrados os países mais desenvolvidos nas áreas de RCC. Entre eles os mais avançados e preocupados com a reciclagem são a Holanda, a Bélgica e a Alemanha, seguidos da Inglaterra, França, Itália e Espanha.

Em sua maioria, os equipamentos que são utilizados na reciclagem de resíduos de construção são provenientes do setor de mineração. Eles são adaptados ou simplesmente utilizados na reciclagem (LIMA, 1999).

Eles são adaptados ou simplesmente utilizados na reciclagem (LIMA, 1999), apesar de Wilburn e Goonan (1998) indicarem que esta atividade necessita um sistema de controle de qualidade diferenciado, devido à variabilidade e contaminação dos RCC, exigindo separação manual dos contaminantes e equipamentos complementares, como por exemplo o separador magnético muito visto em usinas.

Desta forma, no processo de reciclagem de RCC é preciso observar as etapas de limpeza e seleção prévia, eliminação de contaminantes, extração de materiais metálicos, homogeneização, trituração e estocagem para expedição. Ademais, Hansen (1992) coloca que, para determinar-se o tipo de processamento a ser utilizado na reciclagem de RCC, deve-se conhecer em primeiro lugar o seu grau de contaminação e o uso para o qual se destina: aterro, enchimento para drenagem, pavimentação, concreto ou artefatos de concreto.

Sem essa prévia análise, não é possível determinar sua utilidade pois, dependendo do contaminante que exista no agregado, fica impossível seu emprego em obras, por talvez até mesmo enfraquecer a estrutura, ou provocar maiores danos à construção.

Pinto (1999) indica ainda a importância de adotar-se um formato modular de Central de Reciclagem, com capacidade de processamento entre 15 t/h e 30 t/h e a implantação descentralizada das áreas de reciclagem.

De acordo com Wilburn e Goonan (1998), Brito Filho (1999), Lima (1999), e Jadovski (2005), a fim de avaliar-se a capacidade operacional de uma usina de reciclagem deve-se analisar os seguintes fatores:

a) local de instalação da unidade recicladora, devendo ser o mais próximo possível dos locais de uso e das fontes geradoras e o mais distante possível de áreas residenciais e centrais, para não sobrecarregar o tráfego local, e atenuar os ruídos provocados pelas máquinas;

b) custos de transporte entre: o local de geração e a usina, o local de consumo a usina, o local de geração e o aterro sanitário;

c) quantidade e qualidade do RCC possível de ser reciclado e a aplicação que se pretende para o mesmo;

d) projeto, lay-out e eficiência da unidade recicladora;

e) mão-de-obra especializada necessária;

f) custos de equipamentos e despesas gerais.

De acordo com Wilburn e Goonan (1998), as usinas de reciclagem necessitam de medidas de redução de poeira e ruído. O projeto de instalações de britagem deve atentar para aspectos de simplificação, flexibilidade, segurança e lay-out.

De acordo com Jadovski (2005), encontramos basicamente três tipos de plantas para o beneficiamento de RCC: fixas, semi-móveis e móveis, com características diferenciadas.

As fixas são empregadas em localidades já definitivas, tais como fábricas de cimento, minerações e pedreiras. Suas principais vantagens são a possibilidade de obtenção de produtos reciclados mais diversificados e de melhor qualidade que os produzidos pelas plantas móveis e, em segundo lugar, a possibilidade de utilização de equipamentos maiores e mais potentes que possibilitam melhor processo de britagem, retirada de impurezas e peneiramento que os equipamentos utilizados em plantas móveis. Como principal desvantagem, este tipo de planta necessita de altos investimentos e de disponibilização de grande área, cerca de 50.000 m², para instalação da planta de processamento. Vemos pelas usinas apresentadas em anexo, que uma área inferior à 20.000 m² é insuficiente.

Sobre as plantas semi-móveis, como são conhecidas, encontramos uma economia e rapidez de montagem, facilidade nas instalações. São utilizadas em empreendimentos de médio prazo como por exemplo pedreiras para construção de estradas. São construídas sobre bases metálicas com baixa altura, o que torna mais prática sua montagem e sua manutenção.

No que diz respeito às instalações móveis, estas são recomendadas quando se tem necessidade de mobilização além de um tempo reduzido para a montagem. Dessa forma não se tem custos constante de montagem, desmontagem e transporte, logo que são mais flexíveis. Estas podem ser dispostas junto ao depósito do material a ser britado, diminuindo as distâncias de transporte do material de demolição até a planta de reciclagem.

3.1 SITUAÇÃO DA RECICLAGEM DE RCC EM ALGUNS PAÍSES DA EUROPA

Neste sub-capítulo e no seguinte 3.2, estão apresentadas visitas técnicas realizadas por Jadovski (2005) e Miranda (2005), com o objetivo de relatar custos de implantação, operação e manutenção, bem como os equipamentos utilizados atualmente (britadores, esteiras, peneiras e equipamentos móveis), a quantidade destes e suas características gerais, além de identificar variáveis que influenciam a formação de custos, e sua importância em relação às demais, segundo Jadovski (2005). A metodologia de pesquisa utilizada por Jadovski e Miranda é a mesma adotada por Wilburn e Goonan (1998), que consistiu em pesquisa de coleta de dados em publicações na literatura técnica, contatos pessoais e visitas às usinas de reciclagem.

Maiores detalhes das pesquisas de Miranda (2005) e Jadovski (2005) estão apresentadas no anexo A e B.

3.2 SITUAÇÃO DA RECICLAGEM DE RCC NO BRASIL

O Brasil se encontra atrasado no que tange os estudos e desenvolvimento de técnicas de empregabilidade dos resíduos, principalmente os da construção civil, a qual teve seu início nas décadas de 80 e 90, sem qualquer planejamento ou conhecimento técnico pelos engenheiros.

Esta ocorrência só veio atrasar ainda mais o processo de reciclagem, pois logo que os primeiros a reciclarem apresentaram problemas, demorou a terem outros interessados a usarem tal alternativa.

Segundo Miranda (2005), não houve um planejamento de espaço suficiente para instalação da máquina, tampouco para armazenamento de RCC classe A, o

que pode variar conforme o tamanho da obra. Sem uma gestão racional do resíduo gerado os engenheiros conseguiam um significativo aumento dos custos da reciclagem, bem como a contaminação de RCC por materiais indesejáveis, tais como aço, gesso, plástico, madeira, entre outros que possam inviabilizar a reciclagem, que nos é tão importante.

Poucos engenheiros dominam o processo de moagem, o comportamento dos materiais reciclados e a sua influência nas propriedades das argamassas, o que significa entrar na contra-mão das metas crescentes de melhoria da qualidade na construção civil.

Os que já enxergam os benefícios da reciclagem, sabem que, as grandes perspectivas para a mesma, estão na instalação de usinas de reciclagem, de iniciativa pública ou privada, móveis ou estacionárias, que possam produzir agregados, argamassas e pré-fabricados em volumes compatíveis à velocidade de geração de RCC pela cidade e que tenham um mínimo de nível adequado de controle tecnológico, (opinião esta compartilhada com muitos colegas, em especial Miranda (2005)) que possa garantir o desempenho dos materiais, bem como dos componentes produzidos, no que tange as verbas públicas e o Código de Defesa do Consumidor.

Vemos, como citam diversos autores adeptos à reciclagem principalmente Miranda (2005) e Selmo (2005) que, há sim uma evolução neste sentido da reciclagem de RCC no Brasil.

Até o ano de 2005 tínhamos vinte e três usinas de reciclagem no Brasil distribuídas nas cidades de São Paulo (SP) (duas usinas, uma pública desativada e uma particular em operação), Campinas (SP), Guarulhos (SP), Jundiaí (SP), Piracicaba (SP), Ribeirão Pires (SP), Ribeirão Preto (SP), São Bernardo do Campo (SP), São José dos Campos (SP), São José do Rio Preto (SP), Socorro (SP), Vinhedo (SP), Belo Horizonte (MG) (três usinas), Muriaé (MG), Ciriaco (RS), Londrina (PR), Brasília (DF) (2 usinas), Fortaleza (CE) e Macaé (RJ). Destas, as 5 últimas e uma de São Paulo são privadas. E as usinas públicas de São Paulo, Ciriaco (usina móvel), Ribeirão Preto, Londrina, Muriaé, Ribeirão Pires, São José dos Campos e uma de Brasília estavam inoperantes em maio de 2005, conforme levantamento realizado por Miranda (2005).

Vemos também uma divulgação por emissoras de televisão nacionais, como por exemplo a *Globonews*, *caderno de Cidades e Soluções*, que em maio

de 2007 produziu uma matéria sobre as usinas de Belo Horizonte e São José do Rio Preto, citada neste trabalho no Anexo B, que representa um real incentivo de uso das técnicas estudadas e já empregadas.

A viabilidade financeira como ponto fundamental, deve ser considerada em todas as etapas, sendo necessário desenvolver uma metodologia específica para análise de viabilidade econômica de processos de reciclagem (JOHN, 1999; JOHN, 2001).

3.3 VIABILIDADE ECONOMICA DE USINAS DE RECICLAGEM DE RCC

Não há muita literatura nesse aspecto, encontramos o trabalho de Wilburn e Goonan (1998), os quais estudaram especificamente a viabilidade econômica de três usinas norte americanas, uma de pequeno porte (110.000 t/ano), uma de médio porte (253.000 t/ano) e a terceira de grande porte (312.000 t/ano). Além do de Jadoviski (2005), o qual acrescenta estudos sobre usinas nacionais.

Wilburn e Goonan (1998), acreditam que nos Estados Unidos, os gastos com o aluguel ficam em torno de 9% do valor do terreno, isso implica em valores de US\$ 19.000,00 por ano para usinas de pequeno porte, em média 2 ha, US\$ 43.000,00 por ano para usinas de porte médio, em média 4 ha, e US\$ 53.000,00 por ano para usinas de grande porte, tendo em média 6 ha.

Em uma implantação, deve-se atentar, segundo Miranda (2005) para:

- a) determinar o tamanho da usina e a área necessária para sua implantação em função da necessidade de produção de seus consumidores;
- b) identificar a mão-de-obra necessária para operação deste tipo de usina;
- c) identificar os equipamentos necessários para implantação de uma usina de reciclagem de RCC, bem como suas características;
- d) determinar os custos de implantação, operação e manutenção de uma usina de reciclagem de RCC, e os custos de produção de agregados reciclados.

Do estudo de Jadovski (2005), analisando a viabilidade de usinas de reciclagem com capacidade entre 30t/h e 75 t/h, destacam-se as seguintes conclusões:

- a) aumentando-se a capacidade de produção, diminui-se o custo;

b) os custos de produção de agregados para uso em concreto, são em torno de 35% maiores do que os custos de produção de agregados para uso em pavimentação, devido à diferença de custo dos equipamentos;

c) os custos de produção de usinas de reciclagem privadas são em torno de 25% maiores do que os das usinas públicas, principalmente devido aos impostos;

As taxas utilizadas são de 34% para impostos federais e 5% para estaduais. Abaixo apresentamos a tabela das hipóteses utilizadas na avaliação de usinas de reciclagem segundo Wilburn; Goonan (1998) e Jadovski (2005).

Tabela 3.1: Hipóteses utilizadas na avaliação de Usinas de Reciclagem.

Categoria	Valor	Observações	Valores adotados
Capacidade de produção	88%	Jadovski (2005)	90%
Horário de produção	8 h/dia, 5 dias/semana	Jadovski (2005)	44 horas semanais
Período de análise	11 anos	Tempo suficiente para o retorno do capital	20 anos
Preço médio do produto	5,23 US\$/t	Preço médio na região de Denver para agregado reciclado derivado de um mix de 60:40 asfalto:concreto	Determinado para apresentar valor presente líquido positivo
Taxa de retorno	12 % ao ano	Selecionado como representativo da indústria	12% ao ano
Inflação	3 % ao ano	Selecionado a partir das taxas recentes	não considerada
Período de depreciação	7 anos (método linear)	Reflete o padrão da indústria para equipamentos de britagem	10 anos para equipamentos, máquinas e veículos (método linear)
Debt : Equity Ratio	0,9	Taxa de 90 % de debt financing baseado na prática da indústria	Não utilizado
Taxa de juros de empréstimo	10 %	Taxa típica da indústria	10,2% ao ano
Taxa de deposição	1,10 US\$/t	Média para a região de Denver	Não utilizado

Fonte: (WILBURN; GOONAN, 1998, p.14; JADOVSKI, 2005 P.94).

Pinto (2004) acredita importante salientar que em alguns municípios como Joinville, São Paulo, Guarulhos, São Bernardo do Campo, Campinas, Araraquara, São José do Rio Preto o outros já é praticada a taxa de deposição.

Jadovski (2005), acredita que essa taxa apesar de aumentar as receitas das usinas, o que melhora sua viabilidade, pode também inviabilizar sua

implantação, pois poderia induzir os geradores de RCC a deposições irregulares. Entretanto uma política de gestão integrada adequada de RCC deve responsabilizar e cobrar do gerador, além de fiscalizar o descarte correto do RCC, reduzindo uma mascaração do custo real e uma transferência ao poder público a responsabilidade pela correta destinação deste produto..

3.4 USINAS DE RECICLAGEM E OS RISCOS OCUPACIONAIS E AMBIENTAIS

As usinas de reciclagem contribuem para a redução o impacto ambiental, pois auxiliam na diminuição das áreas destinadas para aterro e na redução da extração das reservas minerais. No entanto é necessário considerar os perigos e riscos para a saúde dos trabalhadores envolvidos, além dos possíveis impactos negativos à comunidade e ao meio ambiente. Destaca-se a exposição ocupacional ao ruído e à poeira (PINTO, 2005).

Para a melhoria das condições de exposição ocupacional ao ruído e à poeira, Pinto (2005) sugere a adoção das seguintes medidas:

- a) britador provido com cabine à prova de som;
- b) pá carregadeira dotada de cabine enclausurada;
- c) esteiras transportadoras e peneiras enclausuradas;
- d) material estocado deve ser coberto a fim de evitar espalhamento pelo vento.

A fim de minimizar ou eliminar os impactos ambientais causados pelas usinas, Lima (1999), apud Jadovski (2005), cita as seguintes medidas:

- a) plantação de cerca viva ao redor da usina, ajudando a conter a poeira e o ruído;
- b) revestimento do patio da usina com material reciclado, a fim de reduzir o pó causado pelo tráfego de veículos;
- c) tratamento acústico do britador e dos locais de impacto através de mantas de borracha;
- d) redução das alturas de descarga dos materiais nos pontos de transferência;
- e) aspersores de água nos pontos de entrada e saída de materiais para reduzir a emissão de pó.

4 CONCLUSÕES

O estudo denota que o tema da geração e reciclagem do RCC acaba tendo um efeito muito abrangente sobre a sociedade e o meio ambiente. Além do impacto sobre os trabalhadores da construção civil e dos envolvidos diretamente com a reciclagem, afeta o meio ambiente e a comunidade como um todo.

Não é suficiente apenas atuar na redução da geração do resíduo, é necessário estudar e desenvolver novas técnicas de reciclagem, melhorando a qualidade do agregado reciclado, além de descobrir novos nichos de aplicação, fazendo com que, com o passar do tempo, o resíduo possa ser considerado como recurso valioso e tenha uma melhor aceitação no mercado.

Uma das principais ferramentas para a reciclagem de RCC são as usinas, porém estas esbarram em dificuldades de viabilidade econômica, o que culmina no desinteresse da iniciativa privada pelo setor da reciclagem, tanto que a grande maioria das usinas de reciclagem brasileiras são administradas pelo poder público. É necessário um grande volume para cobrir os gastos com o processo e gerar lucro, porém muitas vezes o material é contaminado, ou depositado irregularmente em aterros, não chegando a ser utilizado na reciclagem.

Dentre os obstáculos à implantação de usinas de reciclagem podemos citar:

a) resistência dos construtores e projetistas, devido às características técnicas inferiores do agregado reciclado, e a falta de conhecimento para lidar com o fato;

b) preconceito da sociedade em geral, que trata o RCC como lixo comum;

c) sazonalidade no recebimento do RCC, devido principalmente às estações climáticas e fases da economia;

d) não realização da triagem do RCC pelas recomendações propostas e especificações normativas, dificultando ou impossibilitando o controle da variabilidade das propriedades físicas dos agregados de RCC reciclados.

A finalidade da reciclagem é diminuir o impacto ambiental e ocupacional, poupando reservas naturais, diminuindo o volume dos aterros, descongestionando as vias de tráfego, eliminando depósitos clandestinos, entre outros. Porém, se não houver uma boa gestão, a reciclagem pode acabar

resultando num novo impacto, seja ambiental, pela geração de novos resíduos, ou ocupacional, principalmente relacionado à poeira e ao ruído.

ANEXO A – Usinas de Reciclagem Europeias

A seguir apresentamos apontamentos compilados de diversos autores, principalmente de Jadovski (2005), Miranda (2005), Bressi (2003), e Pinto (1999).

1 RECICLAGEM NA HOLANDA

Segundo Miranda (2005), a Holanda é hoje um dos países mais desenvolvidos do mundo neste processo, quase todo seu RCC produzido é reciclado, cerca de 95%, correspondente a 16,5 milhões de toneladas de agregados reciclados apenas no ano de 2000, sendo mais de uma tonelada por habitante por ano.

A cadeia necessária para que o processo funcione é perfeitamente fechada, pesquisas e incentivos ao surgimento de empresas particulares que se especializaram em reciclagem foram feitos de acordo com Miranda (2005): gerador, transportador, setores públicos e privados. Melhoramento contínuo e de certificação de qualidade dos agregados baseados em requisitos técnicos e ambientais, estão inclusos.

O país também usou de ações de legislação para incentivar o processo: proibiram a disposição de RCC não segregados, foram impostas taxas ambientais elevadas para resíduos e RCC não segregados, na ordem de € 150/t (aproximadamente R\$ 348,00/t), proibição do uso de amianto nos materiais de construção, obrigação da demolição seletiva, criação de legislação para britadores estacionários e legislação do uso de britadores móveis (MIRANDA, 2005).



(a)

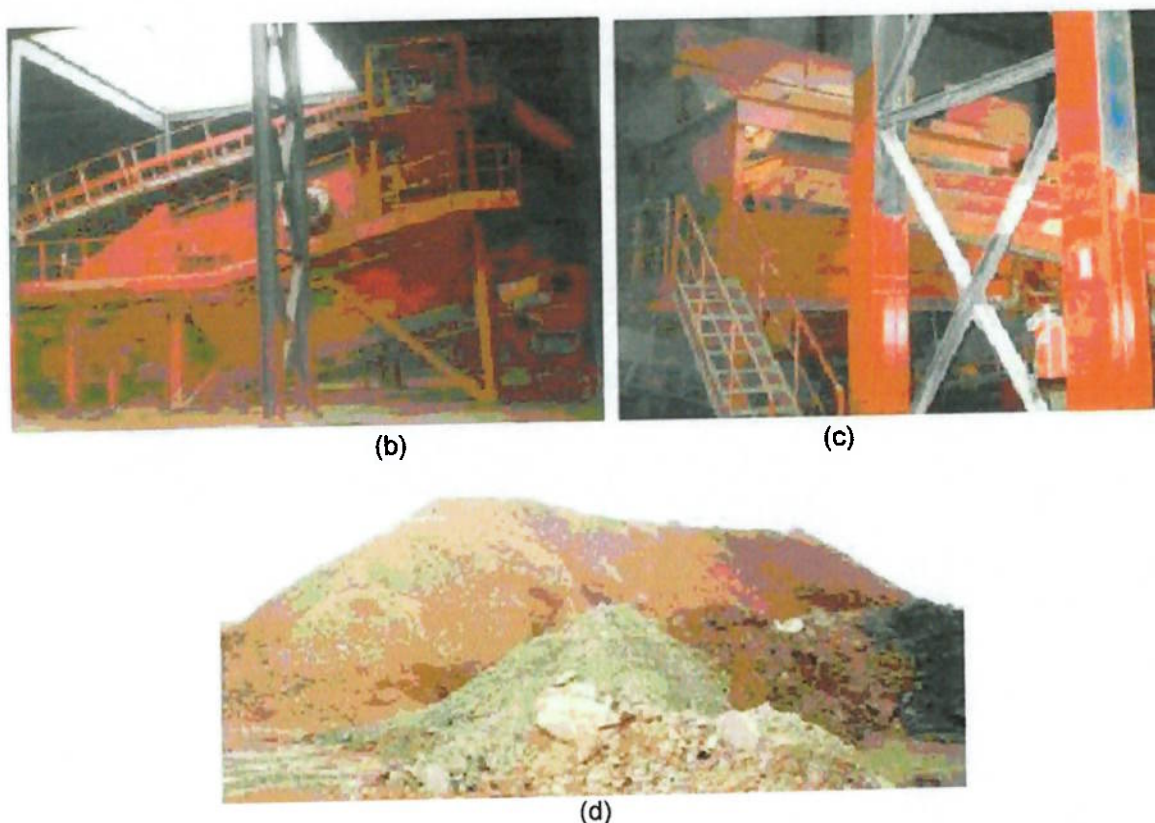


Figura 5.1: Usina de reciclagem Buko1, em Zaandam, Holanda. a) Vista externa da usina. b e c) Equipamentos utilizados para reciclagem do RCC. d) Variabilidade da natureza do RCC (MIRANDA, 2005).

A alternativa de utilização de britadores móveis foi responsável pelo significativo aumento da reciclagem. Funciona como uma usina de reciclagem móvel e é considerada fundamental em locais onde não existe espaço para britadores estacionários e armazenamento de materiais, onde o custo do transporte é elevado, onde existem muitos engarrafamentos de trânsito ou quando se deseja ter uma influência favorável para a demolição seletiva e para o meio ambiente (MIRANDA, 2005).

2 RECICLAGEM NA ITÁLIA

O modelo de usina de reciclagem apresentado por Miranda (2005), para tratamento de RCC na Itália, é chamada ROSE (Recupero Omogeneizzato Scarti Edilizia – Recuperação Homogênea de Resíduo de Demolição) e foi construída

¹ Buko Transport & Recycling. <http://www.buko.com.br>.

por Pascale e Castellarano. As principais razões para a escolha desta usina foram:

- o reconhecimento público que esta usina tem obtido através da indústria ambiental, como uma solução simples mas efetiva;
- o pequeno impacto sobre a saúde dos trabalhadores e sobre o ambiente, com pouca produção de pó, custos reduzidos, economia energética;
- o controle de qualidade dos materiais produzidos;
- ausência no mercado da Itália de outras usinas tão confiáveis.

Na ROSE o primeiro estágio do processo é o controle de qualidade do RCC que chega na usina para verificar sua admissão. É realizado por um operador, colocado na entrada da usina, através de uma câmera colorida conectada a um monitor de alta definição. Desta forma é possível checar visualmente a natureza dos resíduos trazidos pelo caminhão antes de sua pesagem e descarga (BRESSI, 2003 apud Miranda, 2005).

No segundo estágio, os resíduos são estocados provisoriamente em uma área que prevê sua separação por natureza. Transferem-se os resíduos ao britador por uma pá carregadeira, e o operador devidamente treinado, escolhe o material a ser introduzido no alimentador, a fim de se obter uma carga homogênea (MIRANDA, 2005).

Uma segunda câmera instalada no final do alimentador garante que o material inerte tenha controle qualitativo, onde o operador pode interromper a carga e submetê-la a uma checagem visual ou removê-la a fim de realizar uma análise completa de sua composição, verificando a ausência de resíduos tóxicos ou perigosos, de acordo com Miranda (2005).

Uma peneira vibratória trabalha o material que é transportado ao britador. Este por sua vez foi projetado a reduzir o tamanho dos resíduos e separar perfeitamente os componentes ferrosos do concreto, inclusive aquelas com a aderência mais elevada, sem danificar os mecanismos do britador, conforme Miranda (2005).

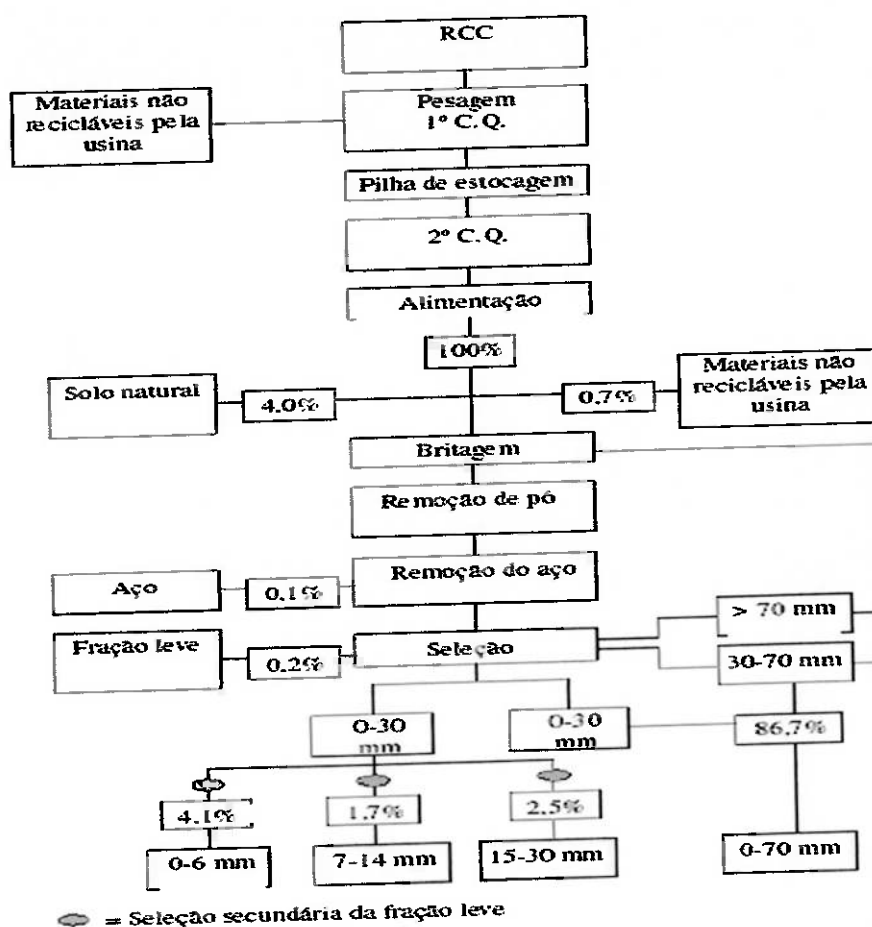


Figura 5.2: Usina de reciclagem modelo na Itália, de sigla ROSE (BRESSI, 2003, apud MIRANDA, 2005).

Ainda de acordo com Miranda (2005):

Os materiais britados são transportados para um separador magnético que separa os metais do restante dos resíduos e os estoca em um contêiner metálico. Após esta operação, o material é movido por um outro transportador de correia, que possui um segundo separador magnético de emergência, para uma peneira vibratória de dois "decks" que o separa em dimensões padrão (0-30, 0-70, 0-140, 30-70, 70-140 e 30-140 mm) com possível reciclagem das frações maiores que 30 mm. Neste mesmo estágio, as frações mais leves de RCC (papel, papelão, plástico, tinta, etc.) são separadas pela diferença de densidade e enviadas para deposição.

No caso de se fazer usos especiais dos agregados reciclados (como para compósitos e concretos), pode ser necessário rebritar e separar os resíduos de fração 0-30 mm em três faixas: 0-6 mm, 6-18 mm e 18-30 mm. Neste caso é possível fazer o material passar por uma estação de seleção secundária antes de sua estocagem final.

Usando um outro transportador de correia, os materiais são então enviados para um túnel de armazenamento e homogeneização. Os montes de materiais depositados no túnel devem ter uma altura máxima de 12 metros.

O túnel é provido de 4 alimentadores vibratórios. O material resultante é representativo de todo o tamanho de grãos e da variedade qualitativa estocada no túnel.

Um transportador de correia de extração é ligado a dois silos metálicos de capacidade de 30 m³ cada. Esse dois silos possibilitam a saída de material sem a necessidade de outra pá mecânica. Todas as etapas que produzem poeira foram estudadas de forma a prover meios de remoção das partículas presentes no ar, com um resultado final excelente.

A eficiência desta usina é muito alta. Um fluxo simples de saída de cada 1000 kg de resíduo de demolição que entram, a média aproximada de produtos foi estimada desta forma por Bressi (2003) apud Miranda (2005):

- 0,2 kg de material inadequado, a ser depositado em aterro sanitário;
- 1 kg de fração leve (papel, plástico, madeira, etc) a ser enviado para uma usina de tratamento de resíduo sólido;
- 3 kg de material ferroso;
- 995,8 kg de material processado de resíduos de origem mineral (incluindo produtos para usos especiais);

Apenas três pessoas são necessárias para controlar o modelo de usina ROSE por consequência de sua tecnologia. O que possibilita essa redução de trabalho são as câmeras de controle e a automação dos movimentos dos materiais, que são completamente computadorizados. Para a usina produzir 50 m³/h de agregado reciclado, são gastos uma quantidade próxima de 100 kW (+/- 10%) (MIRANDA, 2005).

O custo energético de operação da usina ROSE está em torno de $3,5 \times 10^6$ Liras/mês (1750 Euros/mês). A venda deste material seria o bastante para cobrir os custos de energia da usina, pois a produção é de aproximadamente 1500 kg/dia, Bressi(2003) apud Miranda(2005), os custos para a reciclagem dos materiais são da ordem de 4 Liras/kg (ou 0,002 Euros/kg) e os custos de transporte para aterros são de 3 a 6 Liras/kg (ou 0,0015 a 0,003 Euros/kg). É interessante que o valor do agregado reciclado não ultrapasse 80% e 90% do valor do agregado natural.

De acordo com Put (2001) a Itália recicla apenas 10% do RCC produzido. Esta conclusão presente no texto de Bressi (2003) foi confirmada pela visita da Profª. DRª. Sílvia Maria de Souza Selmo, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, conforme tese de Doutorado de Miranda(2005) a uma grande empresa especializada em reciclagem de Torino, a Lacave, a qual possui excelente usina com padrão de controle bastante automatizado, como ilustra a figura 5.3.



Figura 5.3: Exemplo de usina de reciclagem fixa, modelo ROSE, de propriedade da empresa LaCave, em Torino, Itália. Fonte: Miranda (2005).

De acordo com os levantamentos de Miranda (2005), pode-se resumir abaixo as principais características da usina ROSE utilizada na Itália:

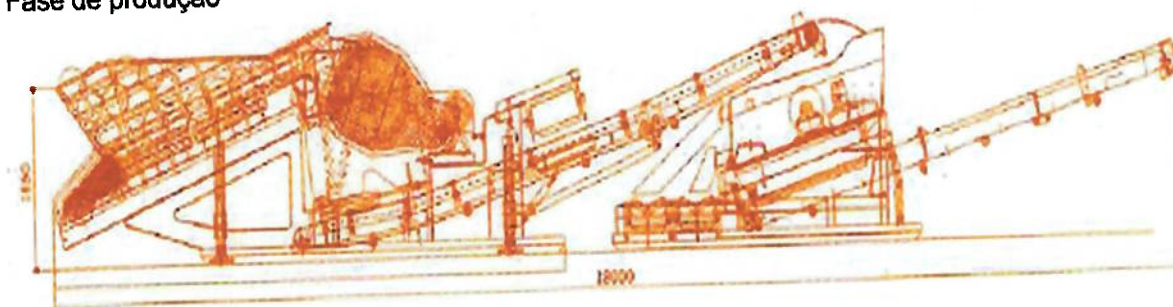
- consumo de aproximadamente 100 kW de energia para uma capacidade de produção de 50 m³/h;
- controle de entrada de materiais por câmera;
- sistema de pré-seleção com desvio (by-pass) para os materiais mais finos;
- um sistema para captação de poeira;
- uma peneira para remoção da fração mais leve sem consumo de energia;
- produção de seis possíveis combinações de tamanho de grãos, com capacidade de 50 m³/h;
- um sistema de homogeneização do material produzido;
- um sistema de carregamento automático de caminhões;
- necessidade de somente 3 pessoas para operá-la, sendo que uma delas lida com o trabalho fiscal necessário;
- a característica do material produzido possibilita seu uso como substituto parcial da mistura estabilizada para construção de estradas;
- o suprimento de material reciclado é contínuo e homogêneo, evitando alterações de projeto durante os trabalhos.

A usina realiza testes de qualidade nos produtos produzidos a fim de garantir sua qualidade. Porém, vale lembrar que os testes laboratoriais correntes usados nos materiais naturais não podem ser usados em materiais alternativos, logo que são diferentes dos primeiros, é preciso desenvolver testes laboratoriais específicos para os novos materiais alternativos, como foram desenvolvidos para os materiais naturais, a fim de podermos garantir com segurança a qualidade destes, conferindo maior confiabilidade e ao mesmo tempo vencendo o preconceito referente ao uso dos reciclados, o qual representa uma das maiores barreiras da atualidade (MIRANDA, 2005).

Segundo Miranda (2005), além da fixa, são utilizadas usinas móveis de reciclagem de RCC, como vemos na figura 5.4 abaixo. Podemos ver a presença de um rompedor para quebra primária de pedaços de RCC, os quais são úteis para o aumento da produtividade quando se tem RCC de natureza predominante em concreto.



Fase de produção



Fase de transporte

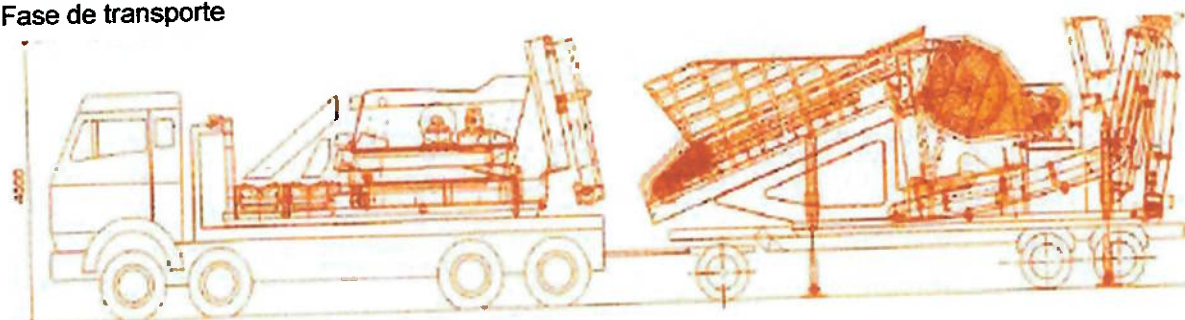


Figura 5.4: Exemplo de usina de reciclagem móvel de reciclagem de RCC utilizada na Itália. Fonte: Miranda (2005).

3 RECICLAGEM NA ALEMANHA

Após a Segunda Guerra Mundial a Alemanha acumulava entre 400 e 600 milhões de m³ de escombros de construções, sendo que destes foram reciclados 11,5 milhões de m³, os quais foram utilizados na construção de aproximadamente 175 mil unidades habitacionais até o ano de 1955 (SCHULZ; HENDRICKS, 1992, apud PINTO, 1999).

Em conformidade com a pesquisa realizada por Selmo² (2005) em visita realizada à Alemanha, Hamburgo é uma cidade com controle ambiental altamente rigoroso e moderno, onde acontece uma gestão de resíduos progressivo e implementado desde 1997, o que varreu de seu território os problemas mais sérios de deposição irregular ou clandestina. Porém as autoridades reconhecem que as indústrias locais podem estar deslocando o passivo ambiental para países vizinhos na Europa Ocidental, onde a fiscalização e controle são muito menos rigorosos.

Similarmente no Brasil, os RCC em Hamburgo³ são os mais volumosos, 5 milhões de t/ano em 2003, contra menos de 1,5 milhões de t/ano de resíduos domésticos. São 50 plantas de triagem privadas e 15 centros estatais de reciclagem, onde os solos são os de maior volume entre os RCC (3,5 milhões de t/ano), seguidos pelos de concreto e alvenarias (750 mil t/ano), resíduos mistos e, por último, os asfaltos (cerca de 300 mil t/ano) (MIRANDA, 2005).

Em Hamburgo, segundo Miranda (2005), o preço de agregados naturais não é elevado, os custos para a produção de agregados reciclados de qualidade controlada nas usinas alemãs não são baixos, as exigências para a durabilidade de materiais de construção no clima europeu precisam ser rigorosas e toda esta conjuntura inibe o emprego de agregados reciclados em concretos com usos estruturais e não estruturais, como por exemplo argamassas e componentes de alvenaria, e os processos de reconstrução pós-guerra com o uso desses materiais atualmente não são aceitos, em função da evolução da qualidade ocorrida no setor da construção civil européia.

² Orientadora de Miranda. Informação fornecida por MIRANDA (2005).

³ Hamburgo tem população de 1.725.000 habitantes em território de 755 km².

Miranda nos informa ainda que, na Universidade Bauhaus – Universität Weimar, na Alemanha, hoje desenvolvem pesquisas de ponta, onde priorizam a reciclagem da fração cerâmica vermelha e por processos via úmida.

Miranda (2005) teve a oportunidade de conhecer o processo de reciclagem de duas usinas privadas de reciclagem de RCC neste país, ilustrado nos itens a seguir. Ele afirma que as metas futuras da gestão de resíduos em Hamburgo dizem respeito à evolução normativa, manutenção de taxas de gestão, incentivo ao aumento da capacidade de incineração e investimentos na gestão de resíduos eletrônicos.

3.1 A usina de recilcagem da Buhck GmbH & Co. KG

A usina visitada por Miranda e Selmo (2005), é afiliada ao grupo Buhck GmbH & Co. KG e conhecida como “HME – Hamburger Müllentsorgung Rohstoffverwertungs GmbH”⁴. A HME recebe cerca de 100 mil t/ano de RCC, destes 40 mil t/ano é fração mineral reciclada, 53 mil t/ano é reciclada em outras frações e apenas 7 mil t/ano vai para a incineração. A Buhck GmbH & Co. KG⁵ possui um grupo empresarial com larga experiência e espectro de ação na gestão de resíduos alemães.



(a)



(b)

Figura 5.5: Usina de reciclagem de RCC da empresa HME, em Hamburgo, Alemanha. (a) Entrada de resíduos de concreto, no processo de reciclagem. (b) Triagem de RCC por processo manual, semelhante ao hoje utilizado na separação de lixo doméstico. Fonte: MIRANDA (2005).

⁴ www.hme-hamburg.de

⁵ www.buhck.de

A HME informou a Miranda (2005), que os preços para deposição de RCC mineral triturado é muito menor, 7 Euros/m³ para solo e 13 Euros/m³ para outros resíduos minerais, contra os preços praticados para a deposição de resíduos mistos, os quais oscilam de 75 a 100 Euros/t. Informou também que os construtores não são os mais adeptos à prática de reciclagem com triagem em canteiro de obras, por acreditarem que isto irá aumentar seus custos, e afetar o comprometimento da produtividade. Dessa forma, a triagem acontece na planta da HME, onde cerca de 300 m³/dia são separados por 6 pessoas.

Quanto aos agregados minerais, seu principal emprego é em estradas e ruas, e não há perspectivas de comercialização de frações recicladas para fins mais nobres, logo que os valores para os agregados naturais estão em declínio, em função do grande volume que passou a ser ofertado, com a abertura das fronteiras para a Comunidade Européia e os padrões nacionais exigidos para qualidade dos materiais de construção.

3.2 A usina de reciclagem de RCC da Hermann Wellmann

Quando houve a proibição federal de deposição de resíduos de construção em aterros em Hamburgo, de acordo com a pesquisa de Miranda e Selmo (2005), se iniciaram as atividade de reciclagem da Hermann Wellmann, em 1974, apenas de RCC minerais e em obras de infra-estruturas, principalmente pavimentos.

Esta usina é de grande porte e recebe cerca de 500m³/dia de carga mineral triada, dos quais 80% do volume que pode ser reciclado é gerado por obras da própria empresa, e apenas o saldo são resíduos de outros fornecedores. Terceiros realizam um controle externo semestral, sabemos por Miranda (2005), que apenas outras 4 plantas são certificadas por este tipo de controle, relativo ao emprego de materiais reciclados em pavimentos.

Podemos afirmar, baseados em Miranda (2005) que, o custo dos agregados reciclados pela empresa é da ordem de 40% a 50% menor se comparado aos agregados tradicionais, os quais são utilizados para se produzir um volume próximo de 30 km de pavimentos anuais. Isto é possível porque a

empresa inicia a granulação dos mesmos a partir da dimensão 0 mm, minimizando um dos principais problemas na planta, que é a produção de fração fina na reciclagem.

Exemplo este que pode e deve ser adaptado e empregado na produção de agregados reciclados por empresas no Brasil, avançando e evoluindo nas suas etapas de produção. Se estudarmos e adaptarmos estes sistemas de produção levantados por Miranda (2005) de resíduos aqui no Brasil, poderemos aumentar em muito a qualidade de nossos resíduos, fato este que só vem a incentivar investidores e consumidores no uso dos agregados para construções.

ANEXO B – Usinas de Reciclagem Nacionais

A seguir apresentamos apontamentos compilados de diversos autores, principalmente de Jadovski (2005), Miranda (2005) e Chenna (2007).

1 RECICLAGEM EM BELO HORIZONTE/MG

A prefeitura de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais com pouco mais de 2 milhões de habitantes, garante que já recuperou em muito o investimento usado na construção da usina de reciclagem dos resíduos da construção, que outrora ficava espalhada pela cidade. É um dos melhores exemplos nacionais que temos, de investimento público bem sucedido na reciclagem de RCC, logo que uma de suas três usinas funiona continuamente a cerca de doze anos.

Segundo Chenna (2007), lá são recolhidos 4.000 t/dia de resíduos sólidos urbanos, sendo que os RCC representam de 34 a 45% do total, onde engenheiros já vem dando nova destinação ao entulho. Há cerca de dez anos, este é levado às usinas de reciclagem, ainda segundo Chenna (2007), e acompanhado esse tratamento em uma das duas usinas existentes na cidade. Tratores espalham os restos de material no chão a fim de que sejam separadas as impurezas, como por exemplo plástico, papelão e metais, e o resto é levado ao triturador.

Chenna (2007), informa que quando um caminhão chega na usina trazendo os entulhos, passa por uma avaliação visual no que tange à sua composição. Caso haja presença de material orgânico ou gesso, o entulho é rejeitado. Se for aprovado, o caminhão passa por um chuveiro, a fim de reduzir a poeira que é levantada no despejo do material.

De acordo com as pesquisas de Miranda (2005), com exceção da sucata que é vendida e das garrafas PET, as quais podem ser retiradas pelos interessados, o lixo retirado é levado para o aterro. Isso é possível pois nos despejos que são espalhados com o auxílio de uma pá carregadeira pelo terreno, ocorre uma triagem manual, realizada por pelo menos seis funcionários. Então os resíduos são recolhidos e armazenados e, até sua reciclagem são mantidos úmidos por aspersores de água ou com o uso constante de mangueira.

O procedimento da usina pede um controle de recebimento de entulho, de acordo com Miranda (2005) onde é realizado uma classificação visual de RCC em função de sua cor e natureza mineralógica, cinza é predominância de concreto e vermelho é predominância de material de cerâmica vermelha por exemplo.

Essa separação é necessária pois segundo Chenna (2007), é usado nas usinas de Belo Horizonte para a produção de blocos de vedação, o material “cinza”, enquanto o “vermelho”, que são restos de telhas e tijolos, é empregado da produção de obras de aterros ou usados para base e sub-base de pavimentação de vias nas obras da prefeitura, ficam sob as camadas de asfalto, ou mesmo vendido para a população pela quantia simbólica de R\$ 2,40 o m³.

Os agregados reciclados “vermelhos” não passam por controle granulométrico (são vendidos ou utilizados pela própria Prefeitura da forma como saem do britador).

Só com as usinas de Pampulha e Estoril estão sendo reciclados cerca de 25% dos resíduos da construção civil coletados na cidade. As usinas de Estoril e Pampulha têm capacidade de 15 t/h e 30 t/h, respectivamente e são compostas de calha vibratória, britador de impacto e correia transportadora.

Segundo Jadovski (2005) as usinas não possuem peneiras pois produzem bica corrida apenas, para base e sub-base de pavimentação, que não necessita de peneiramento após a britagem tem grãos com dimensões desde muito pequenas até 63 mm, de acordo com a abertura de saída do britador de impacto.

Então os tijolos, argamassa e concreto são colocados no triturador (britador de impacto), o agregado cai em um transportador de correia, seguindo pelo separador magnético, e no fim desta correia é mais uma vez umidecido, seguindo para armazenamento.

Os blocos de concreto depois de triturados, seguem para um local, em uma pilha, nas duas usinas mais antigas, onde o funcionário peneira e separa pelo tamanho resultante. Os agregados reciclados “cinza” são separados em frações granulométricas a fim de que possibilitem a produção de blocos de vedação (10, 15 e 20 cm de espessura), meio-fios e bloquetes. Para isso passam por um outro processo, onde esse material recebe a adição de água e cimento, e o resultado é usado para produção de artefatos, usados pela prefeitura para a construção de casas, depósitos e armazéns.

São processos já estudados, definidos e implantados. Cerca de 40% dos resíduos coletados em Belo Horizonte são de RCC. Com três usinas de reciclagem em operação, uma delas em Pampulha e Estoril e uma terceira recém concluída totalmente automatizada a reciclagem dos resíduos vem aumentando paulatinamente a cada dia. O projeto original previa a instalação de quatro usinas de reciclagem, além de um estudo sobre a criação de áreas de triagem e transbordo, que facilitam a implantação de usinas móveis de reciclagem.



Figura 6.1: (a) Utilização do agregado reciclado como sub-base na rua Adelina Amaral Pongelupe, em Belo Horizonte/MG. (b) Calçamento da usina da Pampulha sendo realizado com bloquete reciclado produzido pela própria usina (2003). Fonte: MIRANDA (2005).



Figura 6.2: Usina de reciclagem de RCC, em Pampulha, Belo Horizonte/MG (2003). (a) Triagem de RCC. (b) Britador de impacto. Fonte: MIRANDA (2005).

Segundo Miranda (2005) em dezembro de 1996 no Bairro Bandeirante II (próximo ao Zoológico), foi instalada a usina de Pampulha, em uma área de aproximadamente 12.500 m² e com um custo próximo de R\$ 200.000,00, sendo R\$ 150.000,00 do britador, somado a R\$ 50.000,00 de infraestrutura. O regime de trabalho máximo compreende 8h/dia e são reciclados nesse período de 240 a 400 m³/dia de RCC, que é equivalente a 290 a 480 t/dia, apesar do britador de

impacto ter uma capacidade nominal de 240 t/dia, é possível que isto ocorra pela baixa dureza e pela elevada porosidade de resíduos da cerâmica vermelha.

A usina de Estoril (próxima figura) possui as mesmas características de funcionamento da usina de Pampulha, apenas ocupa uma área menor em relação à primeira, cerca de 8.000 m². Fato este que limita a cada caminhão despejar entulho uma vez por dia.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 6.3: Usina de Estoril, BH (2003). (a) Entrada da usina, com aspersão de água em RCC. (b) leiras para triagem de RCC. (c) Vista lateral do britador de impacto. (d) e (e) Vistas aéreas da usina de Estoril. Fonte: MIRANDA (2005).

De acordo com Miranda (2005), na usina de Estoril, tinha-se como base o consumo de 400 m³/mês de água e o consumo de 2.704 kWh/mês de energia, no ano de 2002. Em junho de 2005 o custo aproximado por tonelada de material britado produzido estava em R\$ 5,36. Na Tabela 3.1 foi resumido as principais características das usinas de Pampulha e Estoril.

Tabela 6.1: Características das usinas de Pampulha e Estoril, Belo Horizonte/MG.

Característica	Pampulha	Estoril
Área	12.500 m ²	8.000 m ²
Produção	Nominal: 240 t/dia Efetiva: de 360 a 480 t/dia	Nominal: 120 t/dia Efetiva: de 300 t/dia
Custo aproximado	R\$ 200.00	-
Materiais produzidos	Agregado reciclado para sub-base e aterros, blocos, bloquetes, meio-fio	Agregado reciclado para sub-base e aterros
Triagem	Manual	Manual
Controle granulométrico	Somente para RCC "cinza"	não
Número de funcionários	~ 15	~ 15
Separador magnético	Sim	Sim
Britador	Maqbrit, impacto, 27cv	Maqbrit, impacto
Pá carregadeira	Case W20 – 2,4 m ³	Case W20 – 2,4 m ³
Consumo de água	-	Médio: 317 m ³ /mês Contrato: 400 m ³ /mês
Consumo de energia	-	Médio: 2.704 kWh/mês
Preço e venda da brita corrida	R\$ 2,40/m ³	R\$ 2,40/m ³
Custo de produção	-	R\$ 5,36/m ³

Fonte: (MIRANDA, 2005).

Em Belo Horizonte há espalhadas pela cidade 9 Unidades de Recepção de Pequenos Volumes (URPV), com área aproximada de 400 m², onde os carroceiros e demais pessoas com pequenos volumes podem despejar seu material livre de agredir o meio-ambiente e de taxas.

Em julho de 2000, a Superintendência de Limpeza Urbana (SLU) produziu, nas suas duas usinas de reciclagem de entulho, 5.954 toneladas de material britado, para utilização na construção civil. Em 2001, foram produzidas 138.520 toneladas de material britado (MIRANDA, 2005).

A economia gerada com o uso inteligente do entulho justificou a construção de uma terceira usina de reciclagem que ficou pronta em junho de 2006. Belo Horizonte tem após a conclusão desta usina o dobro da capacidade de reprocessamento do entulho, apenas nesta usina são reprocessados 500 toneladas de restos de obras da cidade com uma tecnologia mais sofisticada, o entulho levado ao triturador se transforma automaticamente em grãos de diferentes tamanhos para diferentes usos.



Figura 6.4: Unidade de Recebimento de Pequenos Volumes – URPV da Rua Barão Homem de Melo, nº 300, em Belo Horizonte/MG. Fonte: MIRANDA (2005).

Com essa nova tecnologia, a usina tem condição de separar de forma mais precisa os tipos de materiais para uso, ao invés de utilizar apenas o material bruto, esclarece Batista (2004), é possível a utilização de pequenas porções que são os agregados usados na construção de novas obras, como a brita 1 por exemplo, usada em lajes, concretos, necessitando apenas somar água e cimento.

Tabela 6.2: Evolução da quantidade de RCC reciclado no município de Belo Horizonte/MG.

ANO	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Quantidade	16.000	27.000	38.000	70.000	95.000	121.000	117.000	116.000

Fonte: (JADOVISKI, 2005).

Lá são produzidos três tipos e tamanhos de agregados prontos ao uso, a brita 1, com partículas maiores, um segundo material com partículas menores, que ao somar água fica pronto para ser empregado como reboco, todos os

materiais ficam prontos instantaneamente ao passar no britador, ao mesmo tempo os três tipos de materiais saem prontos.

Tabela 6.3: Custos de implantação de usinas de reciclagem e URPV's⁶ no município de Belo Horizonte/MG.

	ANO	Capacidade (t/h)	Custo de equipamentos (R\$)	Custo de implantação (R\$)
ESTORIL	1994	15	65.000,00 (usado)	35.000,00
PAMPULHA	1006	30	140.000,00	50.000,00
BR-040	2004	40	490.000,00	330.000,00
URPV's	R\$ 30.000,00, incluindo obras civis, cercamento, mobiliário, instalações de água, energia elétrica e telefone, com exceção do terreno.			

Fonte: (JADOVISKI, 2005).

Tabela 6.4: Custos de operação e manutenção de usinas de reciclagem e URPV's no município de Belo Horizonte/MG.

	UNIDADE	DATA	ESTORIL	PAMPULHA
Mão-de-Obra	%	média	34,62	25,19
Veículos, Máquinas e Equipamentos	%	média	31,95	33,71
Serviços de Vigilância	%	média	13,51	13,27
Custos Indiretos	%	média	11,05	10,02
Custo de Operação e Manutenção	R\$/mês	Julho/03	44.889,24	45.507,85
Quantidade de RCC processado	t/mês	Julho/03	5.676	6.372
Custo Unitário	R\$/t	Julho/03	7,91	7,14

Fonte: (JADOVISKI, 2005).

2 RECICLAGEM EM SÃO PAULO /SP

De acordo com Jadovski (2005), no município que conta com uma população em torno de 11 milhões de habitantes, são recolhidas 5.000 t/dia de RCC, desses, 50% é recolhida pelo município e o restante são destinados a duas áreas de transbordo e ao aterro de Itaquera, o qual já atingiu seu limite.

Ainda segundo Jadovski (2005), o município conta apenas uma usina de reciclagem de RCC, equipada com alimentador vibratório, sistema de despoeiramento, britador de impacto de 120 t/h, transportadores de correia e conjunto de peneiramento de quatro decks, e está instalada próxima ao aterro de Itaquera. Esta usina encontra-se desativada atualmente e a sua operação está em processo de licitação.

⁶ URPV: Unidade de Recebimento de Pequenos Volumes.

Conforme Miranda (2005), em 2002, a usina operava com um britador de impacto de grande capacidade, 100 m³/h, do tipo móvel, movido por um motor a diesel, separador magnético e uma peneirade grande porte. Bem com Belo Horizonte, os resíduos eram classificados por cor, "cinza" predominantemente de origem em concreto e "vermelho" resíduo cerâmico ou misto.

Duas pás mecânicas alimentavam o britador, e após britagem, o material passa por um separador magnético, sendo levados para a peneira, para os agregados "cinza" ou para estocagem no caso dos "vermelhos".

A próxima figura mostra detalhe do equipamento de britagem e o separador magnético, e logo que toda a usina é móvel, de acordo com Miranda (2005), ela pode ser deslocada para outras localidades do município.



(a)



(b)

Figura 6.5: a) Detalhe da parte do britador de impacto. b) Detalhe do equipamento de separação magnética. Fonte Miranda (2005).

Conforme Jadovski (2005), o custo de operação da recicladora é estimado em R\$ 6,00/t e o custo de deposição em aterro sanitário em R\$ 10,00/t. Foi prevista a criação de três novos aterros na cidade de São Paulo.

Segundo os apontamentos de Jadovski (2005), além desta pública, há também uma usina privada de reciclagem de RCC, a qual está instalada em uma área de 4.000 m² e é composta de um britador de mandíbulas, com capacidade de 15 t/h, uma esteira e uma peneira rotativa. Seu custo total de implantação é estimado em torno de R\$ 90.000,00, em 2003, e possui como valor de venda da brita R\$ 12,50/m³, contra R\$ 26,00/m³, preço em 2005 do agregado natural no mercado.

A usina conta com dez funcionários, sendo dois operadores de caminhão, um apontador, um operador de máquina, um vigia, dois operários separadores de plástico e três operários separadores de sucata ferrosa, papel e PVC.

Vendidos os materiais recicláveis, o recurso proveniente é revertido diretamente para os operários separadores, de acordo com Jadovski (2005), que também nos informa que mensalmente a usina recebe: 4 toneladas de plástico, vendidas à R\$ 0,20/kg, 6 toneladas de sucata ferrosa, vendidas à R\$ 0,30/kg, uma tonelada de PVC, vendida à R\$ 0,35/kg e o papel é vendido à R\$ 0,15/kg.

São gerados 0,25 m³ de rejeitos, removidos a um custo de R\$ 80,00 a cada carreta de 17 m³, para cada 4 m³ de RCC recebidos na estação de triagem. Cada caçamba com capacidade de 4 m³ recebida é cobrada uma taxa de R\$ 25,00, pois o custo mensal de energia elétrica é de R\$ 400,00 e o aluguel do terreno é de R\$ 1.300,00 de acordo com os apontamentos de Jadovski(2005).

É estimada uma geração total de 17.000 t/dia de RCC nessa cidade, onde 500 pontos crônicos de deposição irregular no município foram identificados em 1999. E para remoção de RCC em 2003 foram gastos 44 milhões de reais. São Paulo estima a implantação de 96 áreas de Ecopontos, os quais se assemelham às Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPV's) de Belo Horizonte, para receber volumes até 1 m³, sendo o custo estimado para implantação de cada ecoponto em torno de 30 a 40 mil reais.

Segundo Jadovski (2005), para implantação de Áreas de Triagem e Transbordo há cinco áreas privadas em processo de licenciamento, onde o custo da caçamba em 2005 para transporte de RCC na cidade de São Paulo varia entre R\$ 50,00 e R\$ 90,00, não existindo coleta seletiva de RCC.

3 RECICLAGEM EM CAMPINAS/SP

Com uma população de pouco mais de 1 milhão de habitantes, Campinas possui uma usina de reciclagem de RCC desativada de 25t/h, instalada em uma área de 1.500 m² onde outrora funcionava uma antiga olaria, e cuja área estava degradada. A instalação da usina ocorreu prevendo a recuperação da área, segundo Jadoviski (2005), devido a uma solicitação do órgão do meio ambiente para o encerramento das atividades da olaria.

De acordo com Jadoviski (2005), eram enviadas 250 caçambas/dia captando 3.000 t/dia de RCC, e havia dificuldades na triagem do material além de conflitos de interesses entre o operador da usina e os caçambeiros. Foi a primeira área licenciada no município de Campinas para deposição de RCC, cobrando R\$ 8,00/caçamba para o depósito nesta área. O custo da caçamba passou de R\$ 35,00/caçamba para R\$ 70,00/caçamba após a abertura desta área de recebimento.

Conforme Jadoviski (2005), uma parcela considerável do consumo de agregados para construção civil ocorre em pequenas e médias construções de unidades habitacionais unifamiliares, e quem define o material a ser empregado é o construtor que não tem conhecimento sobre as potencialidades do material reciclado, preferindo o agregado natural. Não se estabeleceu o o custo de produção do agregado reciclado, sendo vendido à 50% do preço de venda do agregado natural.

Jadoviski (2005), observa ainda que é extremamente necessária a ação do poder público como agente indutor do processo de reciclagem de RCC. Também há a necessidade de implantação de parcerias para desenvolver a industrialização do material reciclado, o seu uso e aplicações, bem como o mercado consumidor, pois a viabilidade econômica para implantação de usinas de reciclagem exige grandes volumes de produção.

De acordo com Miranda (2005), a usina foi instalada pela prefeitura em 2004, e sua capacidade nominal era de 60 m³/h, composta por um alimentador vibratório, um britador de impacto, um separador magnético suspenso de limpeza automática, uma peneira vibratória de 4 "decks" e diversos transportadores de correia. O entulho recebido na usina chegava a 1300 t/dia no primeiro semestre de 2004, e sua triagem era feita manualmente por 35 funcionários de uma cooperativa mantida com o lucro da venda dos materiais considerados contaminantes da fração de origem mineral.

Após a triagem e a partir de um alimentador vibratório, os resíduos são lançados no britador e, passam pelo separador magnético, e ficam armazenados em cone, se brita corrida, ou levados para a peneira vibratória que os separam em até 5 frações granulométricas. O material não é vendido, somente consumido em obras da própria prefeitura.



Figura 6.6: Usina de reciclagem da Prefeitura de Campinas/SP. Fonte: MIRANDA (2005).

4 RECICLAGEM EM SÃO BERNARDO DO CAMPO/SP

Segundo a visita de Miranda (2005) à esta usina, o autor aponta a usina como um dos primeiros exemplos mais expressivos da iniciativa privada na área de reciclagem de RCC no Brasil, com uma área de cerca de 7.200 m², tendo mais da metade pavimentada.

Esta usina pertence à empresa Urbem tecnologia ambiental, cujo o início das atividades ocorreu em fevereiro de 2005. Miranda (2005) nos informa que a usina conta com um britador de impacto com capacidade nominal de 40 m³/h, alimentador vibratório, separador magnético manual, peneira vibratória e 7 transportadores de correia, sendo um deles móvel para a escolha entre a produção de brita corrida ou material peneirado. Conta também com diversos aspersores de água ao redor de toda a usina, na entrada e nas baias de armazenamento de material e cerca viva de pinheiros em fase de crescimento, para o controle da poeira.

Na pesquisa de Miranda (2005), vemos que para produzir brita corrida, é utilizado RCC predominantemente cerâmico, o qual fica armazenado em local separado dos RCC de base cimentícia, cuja cor é "cinza". Para a produção de material reciclado há um controle granulométrico, levado pelo processo de peneiramento, onde usa-se RCC de origem em concretos, seu resultado é areia, pedrisco, brita e rachão.

Todos que levam RCC nesta usina recebem a orientação de suas regras para deposição e orientados a levarem somente RCC limpo, que são seguidas, logo que os transportadores vêem esta usina como uma parceira, uma vez que a presença de um local legalizado de deposição final de RCC reduz seus custos de transporte e aumenta seus lucros. Se despejarem RCC com contaminantes, o caçambeiro pode ser proibido de levar RCC novamente a esta usina, ou se levar materias fora das regras de aceitação, corre o risco de perder a viagem.

O respeito aos critérios da usina é tal que, quando uma caçamba com RCC tem sua superfície aparentemente limpa, mas, ao bascular, surgem materiais indesejáveis, o próprio motorista do caminhão se dispõe a triar os contaminantes e a levá-los embora.



Figura 6.7: Usina de reciclagem de São Bernardo do Campo/SP, de propriedade da empresa Urbem Tecnologia Ambiental. Fonte: Miranda (2005).

Segundo Miranda (2005), o controle de aceitação de deposição de RCC na usina auxiliou na obtenção de bons agregados reciclados. Na Urbem, todo caminhão primeiro passa por uma avaliação visual de sua composição, a fim de despejar RCC, pelo qual pode pagar de R\$4,00 a R\$5,00 por m³, em maio de

2005. Independente da quantidade de gesso, amianto ou solo, apenas sua presença é o suficiente para impedir o despejo de RCC, e se detectados após o despejo, o material é recolhido e levado a outro local.

Se em pequenas quantidades, a presença de papel, plástico ou madeira é permitida, logo que são removidos pela triagem manual, de acordo com levantamentos de Miranda (2005). Por ser separado do concreto pelo próprio equipamento de britagem, a presença de metal é permitida,, ficando retido no separador magnético, onde o lucro de sua venda é convertido em benefício financeiro para os funcionários da usina.

A brita corrida é comercializada por R\$ 12,00/m³ e qualquer um dos materiais gerados pela reciclagem de concreto por R\$ 15,00/m³, valores de maio de 2005, segundo Miranda(2005).

5 RECICLAGEM EM PIRACICABA/SP

O município que conta com pouco mais de 350 mil habitantes, localizado a 170km da capital paulista, tem instalada uma usina em um terreno de 15.000 m², no bairro algodoal, segundo Miranda (2005), com uma capacidade de reciclagem de 175 m³/dia, sendo que a cidade produz 620 m³/dia. A diferença restante ficará por conta das empresas de transporte de entulhos, por uma associação a ser formada para esta finalidade, de acordo com apontamentos de Miranda (2005).

Seu custo de aquisição foi de R\$ 350.000,00 no ano de 1996, segundo Jadoviski (2005) que informa que o terreno da usina é de 10 mil m². Ainda segundo este autor, a usina é composta por um britador de mandíbulas, cuja capacidade é de 25t/h, um rebritador de martelos, alimentador vibratório, correias transportadoras e peneiras.

Sua equipe é composta por quatro funcionários, sendo um operador de retro escavadeira, um operador do britador e dois funcionários na triagem fina do material. Em relação a outras usinas públicas do Brasil, esta se encontra bem equipada.

Seiscentas toneladas de RCC chegam à usina, das quais 120 m³/dia são conduzidas a reciclagem, de acordo com Jadoviski (2005), e o custo da caçamba de tele-entulho neste município era de R\$ 40,00 à R\$ 60,00 no ano de 2005. a

cada três meses são trocados os martelos, com um custo de R\$ 450,00 cada jogo.

Está montada uma fábrica de blocos no mesmo local, onde são produzidos 2.000 blocos de vedação por dia, com uma equipe de produção de seis funcionários.



Figura 6.8: Equipamentos da usina de reciclagem de Piracibaca/SP. Fonte: Miranda (2005).

De acordo com os apontamentos de Miranda (2005), muitos produtos estão sendo produzidos nesta usina, como por exemplo o agregado graúdo de predominância cerâmica, que é aplicado em obras de pavimentação, inclusive para tráfego pesado. O agregado miúdo de predominância também cerâmica é vendido para a população para o assentamento de alvenarias (Figura 6.9).



Figura 6.9: Materiais produzidos na usina de reciclagem de Piracibaca/SP. a) Areia reciclada para assentamento de tijolos. b) Agregado graúdo reciclado. Fonte: Miranda (2005).

Conforme levantamentos de Miranda (2005), a fração cinza de RCC, separada da vermelha visualmente no momento em que o resíduo chega na usina, vem sendo utilizada para produção de blocos de vedação e bloquetes para pisos que usados pela própria Prefeitura (Figura 3.15). Lá foram realizados nestes blocos, em parceria com a Associação Brasileira de Cimentos Portland (ABCP), apenas testes iniciais, os quais não se tornaram uma etapa contínua da produção.



(a)



(b)



(c)

Figura 6.10: Fabricação de componentes na usina de Piracicaba/SP. a) Maquinário. b) Blocos de vedação. c) Bloquetes. Fonte: Miranda (2005).

Segundo Miranda (2005), a triagem do resíduo é um ponto interessante, ele é despejado neste terreno pelos caçambeiros, formando pilhas. Grupos de 6 a 10 pessoas, trabalhando em forma de cooperativas conjuntamente com uma pá carregadeira da Prefeitura, removem outros tipos de resíduos misturados ao classe A, como por exemplo metais, madeira, plásticos e papéis, que são vendidos pela cooperativa e os resíduos classe A levados para a reciclagem, figura 6.11.



Figura 6.11: Centro de triagem de RCC de Piracicaba/SP. Fonte: Miranda (2005).

6 RECICLAGEM EM RIBEIRÃO PRETO/SP

Com pouco mais de 540 mil habitantes, segundo Jadovski (2005) a cidade se encontra com a usina de reciclagem desativada por problemas de vandalismo. Era composta por um britador de impacto com capacidade de 30 t/h para produção de bica corrida, alimentador vibratório de 40 m³/h, calha metálica, transportador de correia, eletroímã, sistema de contenção de material particulado através de microaspersão e sistema de contenção de ruídos através de mantas antichoque. O investimento realizado em setembro de 1996 foi de R\$ 96.000,00 para as obras civis e R\$ 130.000,00 para aquisição dos equipamentos.

A equipe que operava a usina era de 15 funcionários, sendo um encarregado, dois operadores de máquina, sete operários para triagem do material, um faxineiro e quatro vigias, o que em maio de 2003 resultava em R\$ 15.000,00 conforme levantamento de Jadovski (2005).

Em termos de manutenção, foi trocada uma esteira após três anos de operação e a lubrificação era realizada uma vez por semana. Os custos de manutenção dos equipamentos e instalações eram de R\$ 500,00/mês. O custo de transporte do material reciclável para o centro de triagem era de R\$ 80,00/mês e o custo de disposição dos rejeitos em aterro sanitário era de R\$ 400,00/mês para 100 m³/mês. A instalação foi em um terreno de 15.000 m² e seu fechamento é por alambrado e cortina vegetal. A área construída é de 80,00 m² entre escritório, cozinha, sanitário, depósito e guarita (JADOVSKI, 2005).

7 RECICLAGEM EM SOCORRO/SP

Instalada em um município que conta com 36.000 habitantes, distante 140 km da capital, a empresa recolhe cerca de seis caçambas por dia, com uma equipe de cinco funcionários, segundo Jadovski (2005). O consumo de energia elétrica é 1.000 kWh/mês com gastos de R\$ 300/mês e os custos de manutenção em torno de R\$ 200,00/mês à R\$ 300,00/mês.

Esta usina é privada, de propriedade dos Irmãos Pretto Ltda, instalada em uma área de 6.000 m², com 500 m² de construção de um galpão de estrutura metálica, 70 m² do escritório administrativo. Ela possui 2 caminhões poliguindaste, 40 caçambas de entulho com capacidade de 3m³, uma pá carregadeira pequena, um britador de mandíbulas de 10t/h com alimentação manual, um elevador de canecas, correia transportadora e peneiras, sendo que os dois últimos foram industrializados pela própria empresa, segundo Miranda (2005).

Esses investimentos foram feitos de janeiro a dezembro no ano de 2001, na ordem de R\$ 100.000,00, distribuídos entre aquisição de equipamentos, contratação de mão-de-obra, manutenção do projeto e infra-estrutura.

Em 2001 seu procedimento operacional constava de coleta, classificação visual, processamento, comercialização dos agregados. Os resultados quantitativos do Projeto em março de 2002, segundo Miranda (2005), poderiam ser resumidos como 60% dos resultados de construção e demolição produzidos no ano de 2001, aproveitamento de 16% do volume reciclável, na comercialização de agregados para argamassas de assentamento, aproveitamento de 11% do volume reciclável, na comercialização de agregados para estradas rurais.

A troca de mandíbulas do britador é feita a cada 4 meses conforme Jadovski (2005), o consumo de energia elétrica é 1000 kWh/mês com gastos de R\$ 300,00 e os custos de manutenção de R\$ 200,00/mês à R\$ 300,00/mês.

A produção tem um custo estimado em R\$ 10,00/m³ à R\$ 10,50/m³, sendo R\$ 25,00/m³ o preço de venda da areia reciclada, contra R\$ 30,00/m³ à R\$ 35,00/m³ da areia natural, sendo vendidos um total de 100 à 150 m³/mês (JADOVSKI, 2005).

Para incentivar a coleta seletiva a caçamba com material triado recebe desconto. O custo de recolhimento é de R\$ 36,00/caçamba para resíduo não triado e de R\$ 25,00/caçamba para resíduo triado.

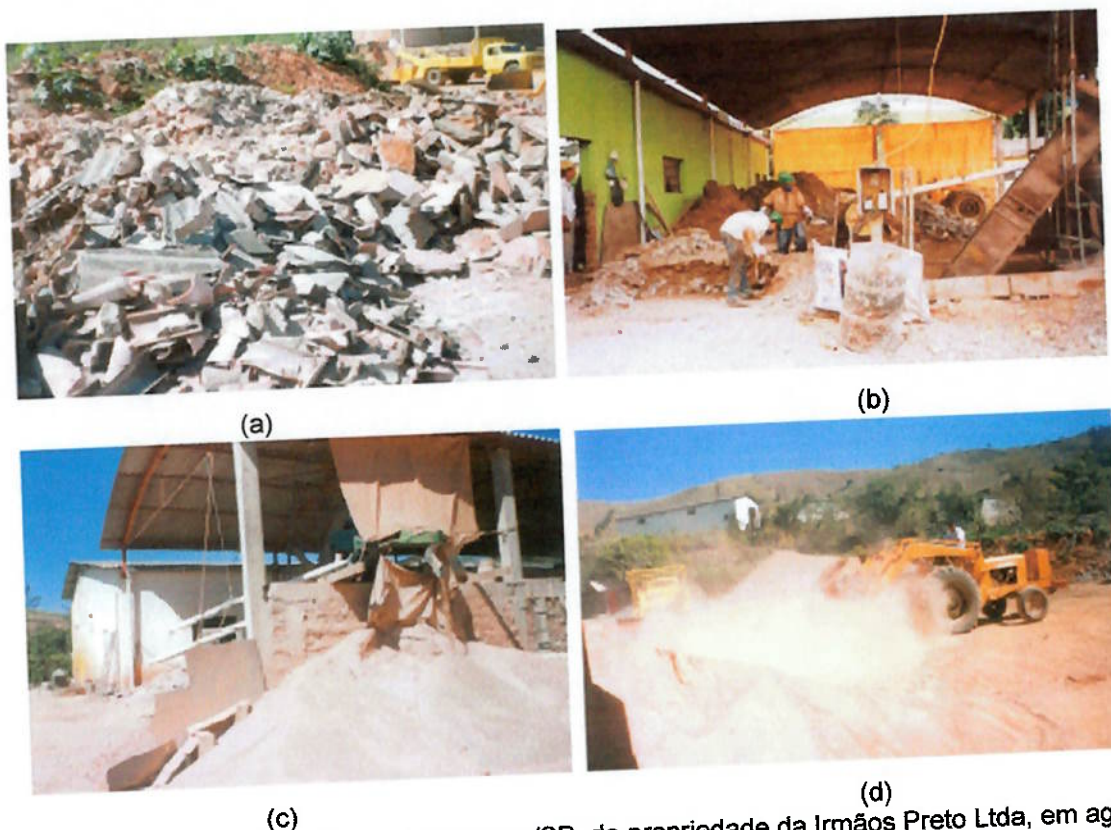


Figura 6.12: Usina de reciclagem de Socorro/SP, de propriedade da Irmãos Preto Ltda, em agosto de 2001. a) RCC a ser reciclado. b) alimentação manual do britador com o RCC a ser reciclado. c) Agregado miúdo produzido coma a reciclagem do RCC. d) Pá carregadeira transportando o RCC reciclado. Fonte: Miranda (2005).

Apesar de trabalhar com a coleta de entulho desde 1994, conforme Miranda (2005), até o final do ano de 2000 não havia um destino final adequado para o RCC, o qual era despejado em terrenos baldios ao redor da pequena cidade, sendo usado para fins aleatórios, fato este que poderia gerar diversos problemas, como a degradação de áreas de preservação, poluição de várias formas inclusive a visual, além da ploriferação de inúmeras doenças e contaminação de lençóis freáticos, e destruição de mata ciliar nas margens de rios e córregos

Um dos fatores que incentivou a empresa em reciclar os resíduos de origem mineral coletados foi o aumento da fiscalização por parte dos órgãos ambientais, as dificuldades em se encontrar novas áreas disponíveis para aterros, sem contar os problemas ambientais provocados. A barreira cultural neste

município está em pé de igualdade com os demais, na utilização de agregado reciclado (MIRANDA, 2005).

Entretanto falta à essa usina, controle tecnológico no material produzido. Não há controles granulométricos, nem de contaminantes (sulfatos, cloretos, matéria orgânica, etc.), ou de propriedades de argamassas.

O empresário percebeu dificuldades com a qualidade do produto para seu uso em revestimento de paredes, quando surgiu a intenção de ampliar os negócios, logo que o material produzido é vendido especialmente para argamassas de assentamento. Este realizou tentativas de produzir o agregado para revestimentos de argamassa, puro e misturado com 50% de areia natural, segundo Miranda (2005), porém sua produção foi interrompida em função do excesso de materiais pulverulentos ou finos presentes.

Esta dificuldade gerou sua busca por apoio acadêmico a partir da dissertação de Miranda (2000), resultando em parceria com este pesquisador e sua orientadora para a realização do programa experimental da tese realizada em 2005.

Em 2004 de acordo com Miranda (2005), a empresa continuava produzindo agregados reciclados para serem utilizados em sub-base de pavimentação e na produção de argamassas para assentamento de alvenarias de vedação comuns, com um custo próximo ao do agregado natural (R\$ 25,00 o m³), contando com razoável aceitação pelo mercado consumidor local.

8 RECICLAGEM EM VINHEDO/SP

O município que conta com 50.000 habitantes, localizado a 76 km da capital paulista, possui uma central de reciclagem composta por britador de mandíbula, cuja capacidade de produção de 15t/h, alimentador vibratório, correia transportadora e peneiras, em uma área de 3.000 m² (JADOVSKI, 2005).

Notamos uma divergência na informação por Miranda (2005), que nos informa que a área da usina é de 4750 m², com uma capacidade de reciclagem de 52 m³/dia, apesar de estar funcionando apenas 3 dias por semana, de 30 a 40 m³/dia. Seu funcionamento diário para recebimento de RCC varia entre 20 a 25 m³/dia.

De acordo com apontamentos de Miranda (2005), a usina se encontra equipada com um britador de mandíbula

No ano de 2000, ainda segundo o autor, o custo aquisição dos equipamentos foi de aproximadamente R\$ 80.000,00, com a usina recebendo 10 caçambas/dia, com custo de R\$ 50,00/caçamba. Este material é separado em duas categorias, cerâmico e concreto, sendo produzida areia, brita 0, brita 1 e brita 2 do resíduo de concreto e bica corrida do resíduo cerâmico.

A equipe de operação composta por quatro funcionários, onde se tem um operador de trator, um operador do britador e dois operários. O material produzido é vendido a R\$ 12,00/m³, posto obra, para execução de contrapisos e calçadas (JADOVSKI, 2005).

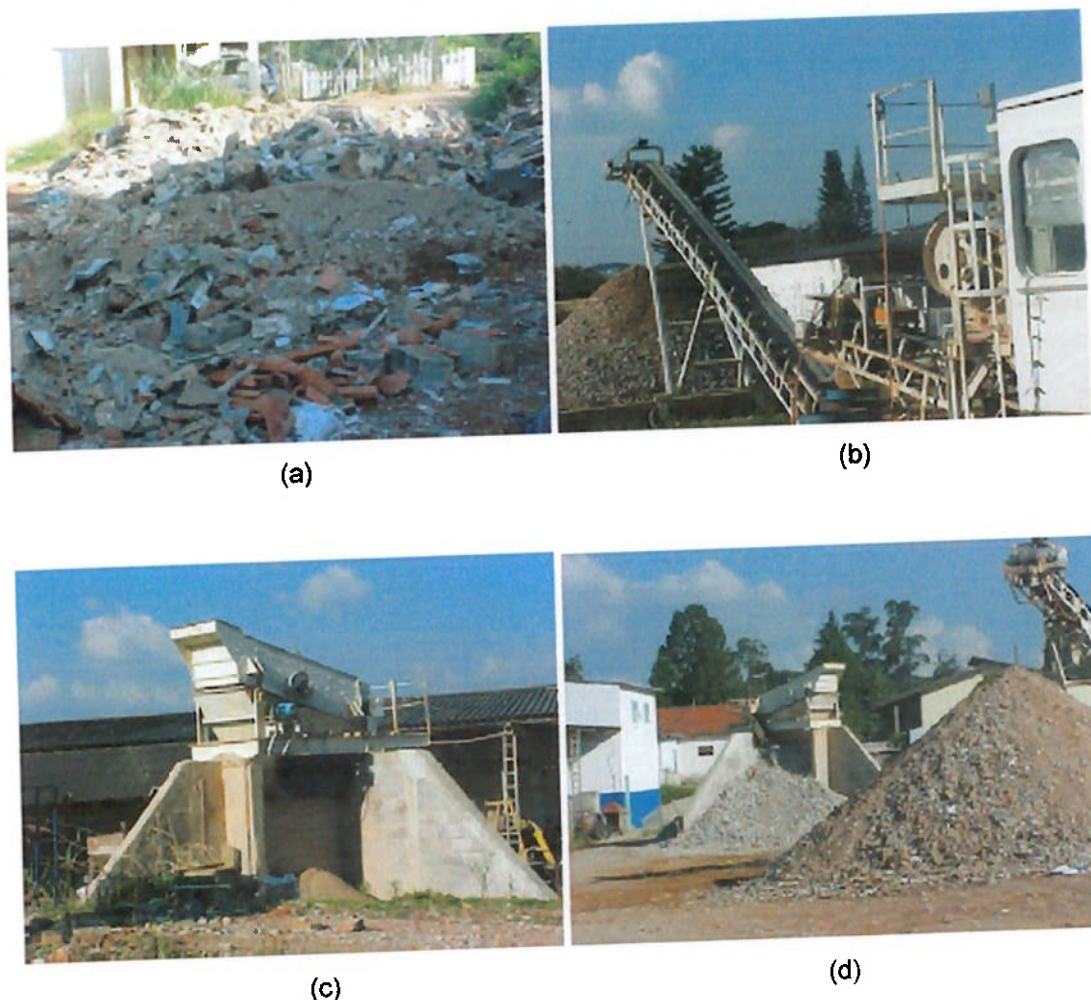


Figura 6.13: Usina de reciclagem de RCC de Vinhedo/SP. a) RCC em triagem. b) Equipamento de britagem. c) Peneira vibratória. d) Diferença de tonalidade entre os agregados reciclados tipos "cinza" e "vermelho". Fonte: Miranda (2005).

9 RECICLAGEM EM CIRÍACO/RS

Segundo Miranda (2005), a Prefeitura de Ciríaco adquiriu um conjunto de britagem móvel. É um sistema de britagem diferenciado, logo que o britador movido a diesel, é instalado sobre a carroceria de uma caminhão reconstituído especialmente para este fim, que pode se deslocar a qualquer comunidade do município.

A falta de “cascalho” na região, colaborou na decisão da Prefeitura na compra do equipamento, reduzindo assim os custos de aquisição deste material (MIRANDA, 2005). Pelo custo de R\$ 78.120,00, a Metalúrgica Francapi Ltda venceu a licitação, sendo que o município entrou com a contrapartida de R\$ 38.120,00.

O britador comprado tem tamanho 4025, o transportador de correia possui dimensões de 6 m x 20 cm de largura, onde a brita já cai direto em cima da caçamba do caminhão, o motor diesel é resfriado a ar com 20 kW, equipado com alternador, partida elétrica, acoplado com embreagem e caixa redutora. A capacidade da usina é de 40 a 70 m³/dia de brita corrida. Entretanto, não se tem informações de sua atual utilização (MIRANDA, 2005).



Figura 6.14: Usina móvel de reciclagem de RCC do município de Ciríaco/RS (MIRANDA, 2005).

10 MACAÉ/RJ

De acordo com Miranda (2005), Macaé investiu R\$ 190.000,00 na construção de sua usina de reciclagem de RCC, em uma área de 30.000 m², sendo R\$ 110.000,00 da participação do Governo Federal. Esta usina apesar de funcionar desde novembro de 1999, só teve sua inauguração em março de 2000 pela Prefeitura da cidade (MIRANDA, 2005).

Foram montados quatro pontos de coleta pela cidade, para onde a Secretaria de Serviços Públicos leva os resíduos de concreto, tijolos, telhas e demais fragmentos provenientes de obras, para serem armazenados até sua utilização. Após serem encaminhados à usina, onde todos os materiais são levados, estes são separados, triturados e transformados em agregado reciclado.

O RCC classe A após ser triado, é encaminhado à central de britagem, e em seguida transportado para a fábrica de blocos pré-moldados, segundo Miranda (2005). Ela está produzindo cerca de 360 t/mês de material reciclado da construção civil, tendo apenas 10 funcionários. Com quatro anos de funcionamento, a usina contabiliza uma produção diária de 600 blocos, 1.200 bloquetes e 60 meios-fios (MIRANDA, 2005).



Figura 6.15: Usina de reciclagem de RCC de Macaé. (MIRANDA, 2005).

11 COMPILAÇÃO DE DADOS DAS USINAS NACIONAIS

Houve um crescimento na conscientização da importância na reciclagem do entulho, desenvolvimento de pesquisas e o interesse das administrações

públicas, e privadas em investir neste mercado, em especial de 2000 a 2005, segundo Miranda (2005). Porém ainda muito falta, é necessário melhorar em muito a qualidade de nossas usinas, principalmente no que tange os projetos das plantas e ao controle tecnológico dos materiais e componentes resultantes da reciclagem, a fim de desenvolver novos e melhores materiais para o mercado.

A Tabela 6.5 resume as principais características técnicas das usinas brasileiras analisadas neste capítulo, enquanto a Tabela 6.7 faz um comparativo entre as características da usina privada Urbem e do modelo ROSE utilizado na Itália.

Tabela 6.5: Principais características das usinas de Pampulha e Estoril, Belo Horizonte/MG.

Cidade	Propriedade	Capacidade nominal em t/h	Peneiramento	Separação magnética
Belo Horizonte	Prefeitura	30	Sim	Sim
Belo Horizonte	Prefeitura	15	Não	Sim
Campinas	Prefeitura	70	Sim	Sim
Macaé	Prefeitura	8	Sim	Sim
Piracicaba	Prefeitura	220	Sim	Sim
São Bernardo do Campo	Urbem	50	Sim	Sim
São Paulo	Prefeitura	125	Sim	Sim
Socorro	Irmãos Preto	5	Sim	Não
Vinhedo	Prefeitura	8	Sim	Sim

Fonte: (MIRANDA, 2005).

Na Tabela 6.6 apresentamos uma compilação de dados levantados por Jadoviski (2005), sobre algumas das usinas nacionais.

Tabela 6.6: Compilação de algumas usinas nacionais.

ITEM	UNID	MUNICÍPIOS						
		Belo Horizonte		São Paulo	Vinhedo	Socorro	Piracicaba	Ribeirão Preto
		Estoril	Pampulha					
Tipo de britador		Impacto	Impacto	Impacto	Mandíbula	Mandíbula	Mandíbula	Impacto
Capac. de produção	t/h	15	30	120	15		25	30
Custo de aquisição	R\$	65.000	140.000		80.000	100.000	350.000	130.000
Mês/ano de referência		1994	1996			2001		1996
Total empreg.		14	14	14	4	5	5	

continua

Administr.		1	1			1	1
Encarregado		1	1	1	1	2	2
Op. britador		2	2	3	1	2	7
Triagem		8	8	10	2		1
Serv. gerais		2	2			6.000	10.000
Área total	m²	8.000	12.000				15.000
Área construída	m²	100	100			500	80
Custo de produção	R\$/t	7,91	7,14			10,50	
Preço de venda	R\$/t				12,00	25,00	
Mês/ano de referência		Julho/03	Julho/03		Maio/04	Maio/04	Maio/04

Fonte: (JADOVISKI, 2005; MIRANDA, 2005). Conclusão.

Tabela 6.7: Comparativo das características da usina privada Urbem em São Bernardo do Campo e do modelo ROSE na Itália.

Característica	Usina Urbem	Usina ROSE
Controle de recebimento de RCC	Visual	Visual, por câmera
Estocagem do RCC com classificação visual	Sim	Sim
Natureza do RCC usado para produção de brita corrida	Cerâmica	Cerâmica e concreto, em proporções controladas
Uso de rompedores para britagem primária	Não	Sim
Separador magnético	Um, manual	Dois, automáticos
Peneira vibratória	3 "decks"	2 "decks"
Separação da fração leve dos resíduos	Manual	Automática, pela diferença de densidade
Armazenamento do agregado reciclado	Em cones	Pós-homogeneizado em pilhas de 12 m de altura
Carregamento dos caminhões	Por pá carregadeira	Por silos
Capacidade nominal	40 m³/h	50 m³/h
Número de funcionários na produção	6	3
Controle das máquinas, da produção e da manutenção	Por funcionários	Automático, computadorizado
Gasto energético	75 kW	100 kW
Controle de qualidade	Não	Sim, sistemático
Custo de produção de brita corrida	~ R\$6,00/m³	~ R\$10,00/m³
Preço do agregado reciclado em relação ao natural	50 a 70%	80 a 90%

Fonte: (MIRANDA, 2005).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOPYAN, V. et al. Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra. In: FORMOSO, Carlos Torres; INO, Akemi (editores). **Inovação, Gestão da Qualidade e Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional**. Porto Alegre: ANTAC, 2003. (Coletânea HABITARE, v.2)

ANGULO, S. C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. 2000. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
BACKER, Paul de. **Gestão ambiental: a administração verde**. Tradução de Heloísa Martins Costa. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9001:2000: sistemas de gestão da qualidade: requisitos**. Rio de Janeiro, 2000b.

BARBOSA FILHO, ANTONIO NUNES. **Segurança do Trabalho & Gestão Ambiental**. São Paulo: Editora Atlas, 2001.

BOSSINK, B.A.G.; BROUWERS, H. J. H. **Construction waste: quantification and source evaluation**. Journal of Construction Engineering and Management. Canadá, v.122, n.1, p.55-60, mar. 1996.

BOWDITCH, J. L.; BUONO, A. F. **Elementos de comportamento organizacional**. São Paulo: Pioneira, 1997.

BRASIL. **Lei nº 4502**, de 30 de novembro de 1964. Dispõe sobre o imposto de consumo e reorganiza a diretoria de rendas internas. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 30 de novembro de 1964. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4502.htm. Acesso em: 01/11/2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 307**, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, nº 136, 17 de julho de 2002. Seção 1, p. 95-96. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conoma/res/res02/res30702.html>. Acesso em: 16/06/2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 237**, de 19 de dezembro de 1997, publicada no DOU em 22 de dezembro de 1997.. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF. Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Nosso

Futuro Comum. 2ª ed., Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

BRITO FILHO, J. A. **Cidades versus entulho**. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., 1999, São Paulo. Anais... São Paulo: Comitê Técnico do IBRACON: CT 206 – Meio Ambiente, 1999. p.56-67.

CAIRNS, R.; DI NIRO, G., DOLARA, E. The use of RAC in prefabrication. In: DHIR, R. K.; HENDERSON, N. A.; LIMBACHIYA, M. C. (Eds.) **Sustainable construction: use of recycled concrete aggregate**. London: Thomas Telford Pub, 1998, p.371-379.

CARVALHO, J. **Análise de Ciclo de Vida ambiental aplicada à Construção Civil: estudo de caso: comparação entre cimentos Portland com adição de resíduos**. 2000. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, São Paulo, 2002

CASCINO, Fábio. **Educação ambiental: princípios, história, formação de professores**. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 1999.

CAVALCANTE, J. R.; CHERIAF, M; **Ensaio de avaliação para controle ambiental de materiais com resíduos incorporados**. In: WORKSHOP RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO. Anais... São Paulo: ANTAC, 1996. p. 21-31.

CHENNA, S.I.M.; BATISTA, E.P.; REZENDE, M. **Reciclagem de entulho**. [Depoimento dado a Trigueiro, André]. Globonews, Cidades e Soluções, 20 de maio de 2007. Disponível em <http://video.globo.com/Videos/Player/Noticias/0,,GIM679147-7823-RECICLAGEM+DE+ENTULHOS,00.html> 2006. Acesso em 15 de fevereiro de 2008.

DE BAPTISTI, E. **Operação de aterro para resíduos inertes: formas alternativas para reciclagem de entulho**. In: SEMINÁRIO SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS, RESID'99, São Paulo. Anais... São Paulo: ABGE, 1999. p.111-119.

DE PAUW, C.; LAURITZEN, E.K. (Editores) **Disaster planning, structural assessment, demolition and recycling**. London, E & FN Spon.1994. (Rilem Report 9).

DE PAUW, P. et al. **Shrinkage and creep of concrete with recycled materials as coarse aggregate**. In: DHIR, R. K.; HENDERSON, N. A.; LIMBACHIYA, M. C.

(Eds.) Sustainable construction: use of recycled concrete aggregate. London: Thomas Telford Pub, 1998, p.213- 225.

DIAS, Genebaldo F. **Educação ambiental: princípios e práticas**. 6. ed. rev. e ampl. São Paulo: Gaia, 2001.

EKVALL, Tomas; FINNVEDEN, Göran. Allocation in ISO 14041: a critical review. **Journal of Cleaner Production**, v. 9, Issue 3, p. 197-208, June 2001.

ENGELSEN C. J.; LUND, O.; HANSEN, E.; HANSESVEEN, H. **Leaching of harmful substances from recycled aggregates in laboratory and field site**. In: THE CONFERENCE SUSTAINABLE BUILDING 2002. **Proceedings...** Oslo, NBRI 2002, artigo 216. (Disponível em CD-ROM).

FAMURS. **Meio Ambiente na Administração Municipal: Diretrizes para Gestão Ambiental Municipal**. Porto Alegre: Edição FAMURS, 1998.

FONSECA, D. J.; SEALS, R. K.; FELLOWKNAPP, G. M.; METCALF, J. B. Expert system for industrial residuals application assessment. **J Computing in Civil Engineering**, p. 201-205, July 1997.

FUNDAÇÃO PARA O PRÊMIO NACIONAL DA QUALIDADE. **Critérios para o bom desempenho e diagnóstico da organização**. São Paulo, 2002.

GONÇALVES, José Ernesto L. **Processo, que processo?** Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 40, n. 4, p. 8-19, out./dez. 2000.

HAMASSAKI, L. T. Processamento do lixo: reciclagem de entulho. In: D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 2. ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000. Cap.4, Parte 7, p.178-189.

HANSEN, T. C.; NARUD, H. Strength of recycled concrete made from crushed concrete coarse aggregate. **Concrete International**, Detroit, MI, v.5, n.1, p.79-83, jan. 1983.

INFORMAÇÕES E TÉCNICAS EM CONSTRUÇÃO CIVIL LTDA. – I & T. Manual de uso dos resíduos de construção reciclados em Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 1996.

JADOVSKI, I. **Diretrizes Técnicas e Econômicas para usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição.** Dissertação (Mestrado), Porto Alegre, 2005.

JOHN, V. M. **Cimentos de escória ativada com silicatos de sódio.** 1995. 200 f. Tese (Doutorado) - EPUSP, São Paulo, 1995.

JOHN, V. M. **Durabilidade de materiais, componentes e sistemas.** 1987. 120 f. Dissertação (Mestrado) - UFRGS, Porto Alegre, 1987.

JOHN, V. M.; ÂNGULO, S. C. Metodologia para desenvolvimento de reciclagem de resíduos. In ROCHA, J. C.; JOHN, V. M., eds. **Utilização de resíduos na construção habitacional.** Porto Alegre: ANTAC, 2003. p. 8-71. Coletânea Habitare, 4.

JOHN, V. M. Panorama sobre a reciclagem de resíduos na construção civil In: SEM. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2. 1999, São Paulo, IBRACON. **Anais...** 1999. v. 1. p. 44-55.

JOHN, V. M. Pesquisa e Desenvolvimento de Mercados Para Resíduos In: WORKSHOP RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 1996. p. 21-31. JOHN, V. M.; CAVALCANTE, J. R. **Conclusões.** In: WORKSHOP RECICLAGEM DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL. São Paulo, ANTAC. **Anais...** 1996. [sp].

JOHN, V. M.; KRAAYENBRINK, E. A.; WAMELN, J. Van. **Upgradeability:** Na Added Dimension To Performance Evaluation. In: INT. SYMP. APPLICATIONS OF THE PERFORMANCE CONCEPT IN BUILDING, 1996, Tel Aviv. **Anais...** Rotterdam/Haifa: Cib/Technion, 1996. v. 2, p. 3-99.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V.; PECORARO, G.; MONETTI, E. **Viabilidade de painéis pré-moldados reforçados com fibras vegetais para habitação popular.** In: SIMP. IBERO-AMERICANO SOBRE TÉCNICAS CONSTRUTIVAS INDUSTRIALIZADAS PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL, 3. São Paulo, 18-22 out. 1993. **Anais...** São Paulo: IPT/CYTED, 1993 p. 457-466.

KOTTER, J. P.; HESKETT, J. L. **A cultura corporativa e o desempenho empresarial.** São Paulo: Makron Books, 1994.

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

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. 2001. 270 f. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

LIMA, Mário Queiroz **Tratamento e biorremediação**. São Paulo: Hemus Editora Ltda, 1995.

LIMA, J. A. R. **Proposição de diretrizes para produção e normalização de resíduo de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concretos**. 1999. 223f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

MACHADO, A. T. **Estudo comparativo dos métodos de ensaio para avaliação da expansibilidade das escórias de aciaria**. 2000. 135 f. Dissertação (Mestrado) – São Paulo, 2000.

MIRANDA, L. F. R. **Estudo dos fatores que influem na fissuração de revestimentos de argamassa com entulho reciclado**. São Paulo, 2000. 172 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.

McKENNA, Regis. **As cinco regras do novo marketing**. HSM Management, São Paulo, n. 22, p. 14-22, set./out. 2000.

PENG, C.; SCORPIO, D. E.; KILBERT, C. J. **Strategies for successful construction and demolition waste recycling operations**. Construction, Management and Economics, London, v.15, n.1, p.49-58, 1997.

PERA, J. **State of the art report – use of waste materials in construction in Western Europe**. In: RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL **WORKSHOP**., 1996, São Paulo. Anais... São Paulo: ANTAC, PCC USP, UFSC, 1996, p.1-20.

PEREIRA, Otávio; NASCIMENTO, Luis Felipe. **Projetos de tecnologia de infraestrutura urbana – das fases de análise econômica e licenciamento à gestão ambiental**. Artigo apresentado na ENEGEP 97, Gramado, 06 a 09/10/97

PINTO, T. C. N. O.; SILVA, M. C. E. S. C. **Riscos à Saúde dos Trabalhadores nos Processos Brasileiros de Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição.** FUNDACENTRO . São Paulo, 2005.

PINTO, T.P. **Utilização de resíduos de construção.** Estudo do uso em argamassas. 1986. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1986.

PINTO, T. P. **Reciclagem de resíduos de construção urbana no Brasil.** Situação atual. In: **WORKSHOP RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL.** São Paulo, 1996. Anais... São Paulo: ANTAC, PCC USP. p. 159-170.

PINTO, T. P. **Resultados da gestão diferenciada.** Revista Técnica, São Paulo, n.31, p.31-34, nov./dez. 1997.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** 1999. 190 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PINTO, T. P. **Gestão dos resíduos de construção e demolição em áreas urbanas: da ineficiência a um modelo de gestão sustentável.** In: CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S.; CASSA, J. C. S. **Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção: projeto entulho bom.** Salvador: EDUFBA, 2001. Cap.3, p.76-113.

PINTO, T. P. **A nova legislação para resíduos da construção.** Revista Técnica, São Paulo, n.82, p.62-64, jan. 2004a.

PIRES, Márcio S. **Gestão estratégica da qualidade.** Florianópolis: PPGE/UFSC, 2000. Apostila da disciplina de Gestão Estratégica da Qualidade.

PORTER, Michael E. **Estratégia competitiva: técnicas para a análise de indústrias e da concorrência.** 7. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1991.

PORTER, Michael E.; MONTGOMERY, Cynthia. **Estratégia: a busca da vantagem competitiva.** Rio de Janeiro: Campus, 1998.

PRAHALAD, C. K.; HAMEL, Gary. **Competindo pelo futuro.** Rio de Janeiro: Campus, 1995.

PROGRAMA ENTULHO LIMPO. Grupo gestor: **Eco Atitude: ações ambientais.** Brasília: Sinduscon, (2002).

QUEBAUD, M. R.; BUYLE-BODIN, F. **A reciclagem de materiais de demolição: utilização dos agregados reciclados no concreto.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIMENTO (CBC), 5., São Paulo, 1999. **Anais...** São Paulo, 1999. 14 p.

ROCHA, J. S. M. da. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas.** 2ª ed. Santa Maria: UFSM, 1991.

ROCHA, J. S. M. da. **Manual de projetos ambientais.** Santa Maria: Imprensa Universitária, 1997.

ROCHA LIMA, J. **Conceito de taxa de retorno.** São Paulo, Escola Politécnica da USP, 1996, 68 p. (Boletim Técnico BT/PCC/158).

SANTOS, A. D. **Estudo dos resíduos de tratamento de esgoto e possibilidades de reciclagem.** 2003. Exame de qualificação (Mestrado) - São Paulo, 2003.

SCHNEIDER, D. M.; PHILIPPI JR., A. **Gestão pública de resíduos da construção civil no município de São Paulo.** Ambiente Construído, Porto Alegre, RS, v.4, n.4, p.21-32, out./dez. 2004.

SCHNEIDER, Evania. **Gestão Ambiental Municipal: Preservação ambiental e o desenvolvimento sustentável.** Centro Universitário UNIVATES, Artigo apresentado na ENEGEPE, 2000.

SCHMIDHEINY, Stephan. **Mudando o rumo: uma perspectiva empresarial global sobre desenvolvimento e meio ambiente.** Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1992.

SCHUMACHER, Mauro Valdir. **A complexidade dos ecossistemas.** Porto Alegre: Pallotti, 1997.

SILVA, Vicente Gomes da. **Comentários à legislação ambiental.** Brasília: W.D. Ambiental, 1999.

STAKE, Linda. **Lutando por nosso futuro em comum**. Rio de Janeiro: FGV, 1991. VALE, Cyro Eyer do. **Qualidade ambiental: como se preparar para as normas ISO 14000**. São Paulo: Pioneira, 1995.

Ulsen, Carina. **Reciclagem de materiais de construção gera produto de alto valor agregado**. [Depoimento dado a Romero, Thiago]. Agência FAPESP, São Paulo, 10 de março de 2008. disponível em <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=reciclagem-de-materiais-de-construcao-gera-produto-de-alto-valor-agregado&id=010125080310>, acesso em 02/04/08.

WILBURN, D. R.; GOONAN, T. G. Aggregates from Natural and Recycled Sources: economic assessments for construction applications: a materials flow analysis. **U.S. Geological Survey Circular 1176**. 1998. Disponível em: <http://greenwood.cr.usgs.gov/pub/circulars/c1176/c1176.html>. Acesso em 01.09.2006.

ZORDAN, S. E. **A utilização do entulho como agregado na confecção do concreto**. 1997, 140 f. Dissertação (Mestrado) –Departamento de Saneamento e Meio Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

ZORDAN, S. E.; PAULON, V. A. A utilização do entulho como agregado para o concreto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 27 a 30 de abril de 1998, p.923-932.