

**Universidade
Federal
Fluminense**

ESCOLA DE ENGENHARIA – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

PROGRAMA DE DOUTORADO DE ENGENHARIA CIVIL

**UM MODELO DE APLICAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA NA
SUSTENTABILIDADE DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO**

FERNANDO ANTONIO SANTOS BEIRIZ

Niterói

2010

FERNANDO ANTONIO SANTOS BEIRIZ

**UM MODELO DE APLICAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA NA
SUSTENTABILIDADE DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Civil da Universidade Federal
Fluminense, como requisito parcial para a obtenção
do Grau de Doutor. Área de Concentração:
Tecnologia da Construção

Orientador: Prof. Assed Naked Haddad, D. Sc.

Niterói

2010

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e a coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”

Constituição da República Federativa do Brasil – 1988 – Art. 225

.

DEDICO ESTE TRABALHO

Às pessoas que acreditam que o desenvolvimento tecnológico pode ser acompanhado de respeito e de um comércio mais harmonioso e integrado com o planeta que vivemos.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece em primeiro lugar a Deus, protetor de nossas vidas, fonte soberana do conhecimento e de força nos momentos difíceis.

Agradecimento especial ao Professor Doutor Assed Haddad, orientador do nosso trabalho e um professor acima de tudo educador, com valores e sensibilidade que deveriam ser virtudes de todos os seres humanos, e que com sua extrema dedicação e interesse viabilizou este trabalho.

Agradecemos também ao Professor Doutor Carlos Alberto Pereira Soares que com sua competência e amizade, muito nos ajudou nas horas de incertezas, colaborando para vencermos etapas neste processo de elaboração da tese.

Nosso sincero agradecimento ao Pro Reitor Acadêmico da UFF, Prof. Sidney Luiz de Matos Mello pelo incentivo e total apoio.

Nossa gratidão especial ao Professor Doutor Orlando Longo, Coordenador do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFF e toda a equipe do TPC, destacando os funcionários, Suely, Clarice e Gláucia Vercina Basílio de Azevedo pelo apoio operacional.

Nossos agradecimentos ao Sr. Rogério Pena Serqueira, Diretor Operacional da Superintendência de Limpeza Urbana da Prefeitura de Belo Horizonte.

Nossa gratidão ao total apoio da construtora Andrade Gutierrez nas pessoas do Sr. Clovis Renato Peixoto Primo (Diretor Geral), Sr. Célio Pena Siqueira (Gerente de SGI), Sra. Luciene Azevedo de Moura Prazeres (Gerente de SGI), Sr. Rafael Barra (Gerente QMSS), Sr. Alexandre Mauro de Mello Gomes (Gerente QMSS).

Agradeço ao mestrando Flávio Gomes Chaves pela ajuda e colaboração sempre presentes.

Nosso agradecimento ao amigo Eng. Victor Pestre pela prestimosa colaboração.

No agradecimento ao Engenheiro Vicente Maciel da Fernandes Maciel Construtora.

Nossa gratidão ao professor Jorge Fernandes pela total ajuda, amizade e sem o qual este trabalho não teria chegado ao fim.

Agradecemos também a doutoranda Kelly Alonso Costa de Macedo pela ajuda na formatação e incentivo no transcorrer dos trabalhos.

Finalizando gostaríamos de agradecer a Maria Elizabeth de Souza Beiriz, esposa que deu total apoio em todos os momentos, a Maria Claudia de Souza Beiriz, filha e nosso orgulho, a Sarah Esther Santos Beiriz, nossa saudosa mãe no céu, Waldyr de Souza Beiriz, também no céu, pai, de quem herdei toda a determinação e coragem e que fazem hoje imensa falta e enorme saudade. Maria da Gloria Santos Beiriz, irmã minha saudade pelo incentivo, companheirismo e carinho.

Resumo

Muito tempo se passou até que o homem começasse a perceber que o desenvolvimento trazia, além do conforto, praticidade e comodidade, impactos predatórios ao meio ambiente, com sérios riscos à preservação do planeta e da raça humana. Neste cenário, este trabalho discute e contribui em questões relativas ao desenvolvimento sustentável na indústria da construção, onde a logística reversa aparece como um fator a ser analisado e utilizado de modo que tenhamos um sistema integrado de gestão de resíduos na indústria tido como correto e ideal. Neste sentido, faz-se um levantamento bibliográfico nas principais fontes de consulta, visando discutir a questão e paralelamente identificar a legislação atual pertinente ao tema. Em função da contemporaneidade e importância do assunto, vários projetos estão sendo elaborados com o propósito de conciliar a melhoria no desempenho financeiro das empresas e suas vantagens competitivas com a redução ou mitigação dos impactos de suas operações sobre o meio ambiente. O modelo proposto é conceitual, baseia-se no planejamento e desenho da logística reversa e objetiva direcionar de forma adequada a indústria da construção na sua cadeia de suprimentos, considerando o ciclo de vida útil de materiais e insumos, fazendo-se uma validação econômico-financeira da implantação de usinas de reciclagem e áreas de transbordo e triagem através da utilização de indicadores financeiros adequados. O modelo proposto pode servir também para enfrentar os desafios ambientais associados ao crescimento exponencial da quantidade de resíduos gerados pela indústria da construção atualmente gerida com métodos precários de descarte e gestão.

Palavras chaves: sustentabilidade, logística reversa, reciclagem e vantagem competitiva

ABSTRACT

A great deal of time has passed until the man began to realize that the development brings along with comfort and convenience, predatory impacts on the environment and serious risks to the planet and the human race. In this scenario, this paper discusses and contributes on matters related to the sustainable development within the construction industry, where a reverse logistics model appears as a factor to be analyzed and used to achieve an integrated construction waste management system taken as correct and ideal. In this sense, a thorough review of literature was made using the main sources of pertinent information, including the current legislation and regulations in order to discuss the theme. Given the contemporary and importance of the subject, several projects are being developed to conciliate better financial performances and competitive advantages of companies with the reduction or mitigation of the impacts of their operations on the environment. The proposed model is conceptual, based on reverse logistics planning and design and is intended to guide the construction industry in its supply chain considering the life cycle of materials and supplies, demonstrating also the financial economics valuation of the deployment of recycling plants, transshipment and sorting areas using main financial indicators. The proposed model can also serve to meet the environmental challenges associated with exponential growth of the amount of waste generated by the construction industry currently managed with poor disposal methods and management.

Key words: sustainability, reverse logistics, recycling and competitive advantage

SUMÁRIO

| | |
|---|------------|
| 1 INTRODUÇÃO | 15 |
| 1.1 CARACTERIZAÇÕES DO PROBLEMA | 15 |
| 1.2 RELEVÂNCIA DO TEMA E ESTRATÉGIA COMPETITIVA | 18 |
| 1.2.1 A indústria da construção civil no Brasil e seus impactos | 18 |
| 1.2.2 Estratégia competitiva no setor - Logística Reversa | 21 |
| 1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO | 26 |
| 1.4 METODOLOGIA | 26 |
| 1.4.1 Resumo da Experiência de Campo | 28 |
| 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO | 32 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 34 |
| 2.1. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – DIFERENTES ENFOQUES CONCEITUAIS | 34 |
| 2.2. LOGÍSTICA REVERSA..... | 49 |
| 2.2.1 Logística reversa na Indústria da Construção..... | 62 |
| 2.2.2 Gerenciamento de resíduos de construção e demolição | 74 |
| 2.3 RECICLAGEM | 78 |
| 2.3.1 A Reciclagem de Resíduos no Brasil..... | 79 |
| 2.3.2 Reciclagem de Resíduos de Demolição (RCD) | 80 |
| 2.3.3 Reciclagem de Escória de Alto Forno | 82 |
| 2.3.4 Outros Resíduos..... | 83 |
| 2.3.5 Pesquisa e Desenvolvimento | 83 |
| 3. CONSIDERAÇÕES SOBRE O ENTULHO DA IC E OS PRODUTOS DERIVADOS DA RECICLAGEM. | 87 |
| 3.1. CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL..... | 87 |
| 3.2. AGENTES ENVOLVIDOS E SUAS RESPONSABILIDADES..... | 88 |
| 3.3. MODELO DE IMPLANTAÇÃO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA | 88 |
| 3.4. MODELOS DE CLASSIFICAÇÃO E SEPARAÇÃO DOS RESÍDUOS NOS CANTEIROS DE OBRA | 89 |
| 3.5. DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS DA IC. | 92 |
| 3.7. ROTEIRO BÁSICO PARA ELABORAÇÃO DO PROJETO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL | 94 |
| 3.7.1 Informações Gerais | 94 |
| 3.7.2 Demolições..... | 95 |
| 3.7.3 Elementos do Plano de Gerenciamento de Resíduos da IC. | 95 |
| 3.7.4 Comunicação e Educação Ambiental | 96 |
| 3.7.5 Cronograma de implantação do Plano de Gerenciamento de Resíduos da IC..... | 97 |
| 3.7.6 Grandes Geradores de Resíduos | 97 |
| 3.8 PERDA E DESPERDÍCIO DE MATERIAIS NA IC..... | 98 |
| 3.9. A RECICLAGEM DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO E O USO DE RECICLADOS..... | 106 |
| 3.9.1 Reciclagem no Brasil - possibilidades | 109 |
| 3.9.2 Uso de reciclados..... | 112 |
| 3.9.3 Impurezas na Composição de RCD | 114 |
| 3.9.4 Propriedades dos agregados reciclados | 116 |

| | |
|---|------------|
| 3.9.5 Absorção de água..... | 117 |
| 3.9.6 Granulometria | 118 |
| 4. PROPOSTA DE UM MODELO PARA GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO | 121 |
| 4.1. PRINCÍPIOS QUE NORTEIAM A PROPOSTA..... | 122 |
| 4.2. ARQUITETURA OPERACIONAL DO MODELO..... | 124 |
| 4.2.1. Pequenos e médios geradores de entulhos da IC e os Ecopontos. | 124 |
| 4.2.2. Grandes Geradores de entulhos da IC. | 126 |
| 4.2.3. Área de Transbordo e Triagem de resíduos (ATT)..... | 129 |
| 4.2.4. Aterros de Entulhos..... | 130 |
| 4.2.5. Usinas de Tratamento e Beneficiamento dos Resíduos da IC. | 132 |
| 4.2.5. Logística de movimentação do entulho..... | 142 |
| 4.3 MISSÃO DOS PODERES PÚBLICO E PRIVADO | 143 |
| 5. VIABILIDADE ECONÔMICA DO MODELO PROPOSTO | 146 |
| 5.1. ANÁLISE ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE USINAS DE RECICLAGEM DE ENTULHO | 146 |
| 5.1.1 Cálculo Custos Operacionais..... | 147 |
| 5.1.2 Investimentos para montagem da usina | 148 |
| 5.1.3 Cálculo da receita proveniente dos produtos reciclados..... | 151 |
| 5.1.4 Viabilidade Econômica da Usina de Reciclagem | 155 |
| 5.2. ANÁLISE ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DA ATT | 159 |
| 5.2.1 Análise da Viabilidade Econômica da ATT | 167 |
| 5.2.2 Investimentos necessários para a ATT | 168 |
| 5.2.3 Cálculo da receita em uma ATT | 169 |
| 5.2.4 Viabilidade econômica da ATT | 170 |
| 6. CONCLUSÃO..... | 174 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 181 |
| ANEXO: | 194 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 1 – Inadequação dos domicílios urbanos duráveis, segundo as regiões | 19 |
| Tabela 2 - Déficit habitacional total, por tipo e por componente, segundo as regiões . | 20 |
| Tabela 3 – Causas da insatisfação com materiais de construção segundo ranking de citações | 20 |
| Tabela 4 – Resumo de Fatores intervenientes na consolidação dos CDR de Reciclagem da IC..... | 65 |
| Tabela 5 – Classificação dos Resíduos de Construção Demolição - Resolução nº 307 do CONAMA (2002)..... | 78 |
| Tabela 6 - Resíduos por fases de obra | 90 |
| Tabela 7 - Perda de materiais em processos construtivos convencionais, conforme pesquisa nacional em 12 estados e pesquisas anteriores..... | 99 |
| Tabela 8 - Composição dos resíduos de construção e/ou demolição em diversas localidades (%) | 100 |
| Tabela 9 – Perfil de algumas instalações de reciclagem..... | 110 |
| Tabela 10: Preço típico dos equipamentos no mercado norte americano (ITEC) | 139 |
| Tabela 11: Características gerais das instalações de reciclagem brasileiras..... | 141 |
| Tabela 12: Atores x missão do modelo proposto (CONAMA 307/2002)..... | 144 |
| Tabela 13: Custo Operacional | 148 |
| Tabela 14: Composição de uma planta fixa (SINDUSCON-SP) | 149 |
| Tabela 15: Investimento inicial de uma usina. | 151 |
| Tabela 16: Estimativa de produção de entulho para diversas localidades..... | 152 |
| Tabela 17 : Custo do Produto Natural x Reciclado (Prefeituras SP e MG)..... | 154 |
| Tabela 18: Custo do Produto Reciclado em R\$/ton. (Prefeitura SP e MG) | 154 |
| Tabela 19: Fluxo de caixa da usina..... | 156 |
| Tabela 20: Cálculo do VPL através da planilha Excel. | 157 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 21: Cálculo da TIR através da planilha Excel..... | 159 |
| Tabela 22: Destinação média de Entulho nas ATT de São Paulo | 160 |
| Tabela 23: Controle de Entrada de Resíduos da Construção Civil..... | 165 |
| Tabela 24: Controle de Saída de Resíduos da Construção Civil (toneladas) | 166 |
| Tabela 25: Custo Operacional | 168 |
| Tabela 26: Investimento inicial de uma ATT. | 169 |
| Tabela 27: Receitas da ATT | 170 |
| Tabela 28: Fluxo de caixa da ATT | 171 |
| Tabela 29: Cálculo do VPL através da planilha Excel. | 172 |
| Tabela 30: Cálculo da TIR através da planilha Excel..... | 173 |

LISTA DE QUADROS E FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Quadro 1: Dimensões do Ambientalismo..... | 37 |
| Figura 1 - Centro Administrativo do Governo do Estado de Minas Gerais | 29 |
| Figura 2 - Estação de Tratamento e Triagem 1..... | 30 |
| Figura 3 - Estação de Tratamento e Triagem 2..... | 30 |
| Figura 4 - Espaço para o Desenvolvimento Sustentável..... | 40 |
| Figura 5 Fluxos e agentes que compõem os canais de distribuição de pós-consumo (CDR-PC) de ciclo aberto..... | 59 |
| Figura 6 - Fluxos e agentes que compõem os canais de distribuição de pós-consumo (CDR-PC) de ciclo fechado | 60 |
| Figura 7 - Papel da logística reversa na cadeia produtiva da IC, sob o ponto de vista da sustentabilidade..... | 74 |
| Figura 8 - Composição média dos entulhos depositados no aterro de Itatinga, São Paulo | 77 |
| Figura 9: Arquitetura de gerenciamento de entulho da IC (autor da tese)..... | 124 |
| Figura 10: Ecopontos na Cidade de São Paulo (Prefeitura SP) | 125 |
| Figura 11: Esquemático da gestão do entulho na obra | 127 |
| Figura 12: Segregação de resíduos no canteiro de obras. | 127 |
| Figura 13: ATT na divisa de Guarulhos com São Paulo | 129 |
| Figura 14: Bota Fora clandestino em BH (Fonte: CAMARGO, 1995)..... | 130 |
| Figura 15: Aterro de entulho da construção civil (Prefeitura BH) | 132 |
| Figura 16: Estação de reciclagem, de Estoril – MG (Prefeitura BH) | 135 |
| Figura 17: Processo de reciclagem de entulho | 136 |
| Figura 18: Equipamento da usina: correia transportadora e disposição da bica corrida. | 137 |

| | |
|--|-----|
| Figura 19: Equipamento da usina: peneirador mecânico acima das baias dos agregados. | 138 |
| Figura 20: Equipamento da usina: conjunto alimentador vibratório +britador de mandíbulas + correia transportadora | 138 |
| Figura 21: Localização da ATT Pari (MAPLINK, 2007)..... | 161 |
| Figura 22: Detalhe de monte de resíduos sólidos heterogêneos (TOLEDO 2007). ... | 162 |
| Figura 23 : Vista do fundo do galpão com as caçambas posicionadas para o recebimento dos resíduos conforme especificação existente na parede. | 163 |
| Figura 24: Acondicionamento por tipo de produto triado | 164 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RIC – Resíduos das Indústrias Construção

ICC – Indústria da Construção Civil

ERP – Responsabilidade Estendida do Produto

IUCN – *International Union for Conservation of Nature*

WCDE – *World Commission on Environment as Development*

PNUMA e PNUD – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e para o Desenvolvimento

LR – *Logística Reversa*

LE – Logística Empresarial

CSCMP – *Council of Supply Chain Management Professionals* (Antigo *Council of Logistics Management – CLM*)

CDR – Canais de Distribuição Reversos

CDR-PV – Canais de Distribuição Reversos – Pós-Vendas

CDR-PC – Canais de Distribuição Reversos – Pós- Consumo

RCD – Resíduos de Construção e Demolição

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

PGRCC – Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil

ITQC – Instituto Brasileiro de Tecnologia e Qualidade na Construção Civil

FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos

EAD – *European Demolition Association*

IETC – *Institut de Tecnologia de la construcció de Catalunya*

1 INTRODUÇÃO

1.1 CARACTERIZAÇÕES DO PROBLEMA

A definição e a percepção do que é Engenharia, conhecida como a aplicação de conhecimentos específicos e empíricos à criação de produtos, dispositivos e processos para converter recursos naturais em formas adequadas ao atendimento das necessidades humanas nos traz à mente a idéia de desenvolvimento e nas últimas quatro décadas, os benefícios que esse desenvolvimento proporcionava como conforto, praticidade, comodidade, redução de horas de trabalho, diminuição de despesas, eram a justificativa para a realização de qualquer obra ou empreendimento. Não havia uma preocupação com a degradação do meio ambiente e com o risco de extinção de espécies da fauna e flora, recursos hídricos e outros bens naturais.

Atualmente, houve uma inversão do cenário. Mais do que um simples modismo, governos, empresas e sociedade civil discutem amplamente temas ligados ao meio ambiente, chegando a ponto de acordos internacionais, serem firmados e a ocorrência de fiscalização e denúncias através de organizações não governamentais internacionais.

Ao longo dos anos, a humanidade mostra grande capacidade industrial e a cada dia cria novas tecnologias facilitando o cotidiano da sociedade, caracterizando a era da inovação. Nesse desenvolvimento da indústria muitas tecnologias são incorporadas ao cotidiano tornando-se imprescindíveis ao moderno estilo de vida.

A produção de lixo vem aumentando assustadoramente em todo o planeta, colocando-se como um grande problema a ser equacionado.

Visando uma atual melhoria da qualidade de vida e para que haja condições ambientais favoráveis à vida de futuras gerações, é imperioso o desenvolvimento de uma consciência ambientalista. É vital importância favorecer e incentivar o desenvolvimento sustentável, atendendo às necessidades do cidadão quanto à destinação adequada de seus produtos ao final da vida útil ou descartes, minimizando impactos ambientais com a finalização de seu ciclo de vida.

Algumas medidas foram tomadas ao longo dos últimos anos, com a intenção de minimizar a geração de resíduos perigosos no mundo, priorizando mudanças nos processos produtivos. Com um enfoque pró-ativo encontram-se os processos de redução de resíduos na

fonte, com a produção de tecnologia mais limpa, levando-se em consideração a possibilidade de reciclagem utilizando-se da “logística reversa”.

O processo de logística reversa inclui em seus custos, a captação, transporte, processamento (desmanche, ordenação e separação do material) e destinação final (reciclagem ou reaproveitamento) dos resíduos.

É preciso abandonar a idéia de algumas linhas de pensamento de que há um antagonismo de que há um antagonismo entre a Natureza e o Homem. O Homem faz parte da natureza e a utilização indiscriminada de seus recursos extinguirá a própria espécie humana no futuro, caso se mantenha os atuais padrões de consumo. A grande questão não é impedir o desenvolvimento tecnológico, mas utilizá-lo adequadamente, conciliando a preservação da natureza com os recursos que ela oferece.

Conforme disponibilizado no site do Ministério do Meio Ambiente,

A humanidade encontra-se em um momento de definição histórica. Defrontamo-nos com a perpetuação das disparidades existentes entre as nações e no interior delas, o agravamento da pobreza, da fome, das doenças e do analfabetismo, e com a deterioração contínua dos ecossistemas de que depende o nosso bem estar. Não obstante, caso se integre as preocupações relativas ao meio ambiente e desenvolvimento e a elas se dedique mais atenção, será possível satisfazer as necessidades básicas, elevar o nível de vida de todos, obter ecossistemas melhor protegidos e gerenciados e construir um futuro mais próspero e seguro. São metas que nação alguma pode atingir sozinha: juntos, porém, podemos, em uma associação mundial em prol do desenvolvimento sustentável.

No caso específico da construção o interesse começa a ser despertado a partir dos fatores externos. Entre eles, destaca-se a disponibilidade de soluções para minimizar os impactos ambientais negativos identificados e de ferramentas de gestão aplicáveis.

Os métodos de avaliação de desempenho ambiental da indústria da construção e o aumento da competição no setor e as exigências dos clientes também se apresentam como elementos impulsionadores, que vem a se somar ao aumento da consciência ambiental por parte das construtoras.

Do mesmo modo, o fato de inúmeras construtoras possuírem sistemas de gestão da qualidade que lhes trouxeram benefícios, aumenta o seu interesse em introduzir os aspectos ambientais nos sistemas existentes. No entanto, ainda são poucas as construtoras comprometidas com a questão ambiental. Mesmo assim, soluções ambientais já começam a

ser aplicados em empreendimentos, embora isso não garanta a melhoria contínua e o desenvolvimento sustentável do setor.

Apesar de seus reconhecidos impactos socioeconômicos para o país a construção civil, como a alta geração de empregos, renda, viabilização da moradia, infraestrutura, estradas e outros, ela ainda carece de uma firme política para destinação de seus resíduos sólidos, principalmente nos centros urbanos.

Aos poucos as empresas do setor vêm demonstrando preocupação em resolver os transtornos causados pela disposição irregular de resíduos

Com a entrada em vigor da resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o setor da indústria da construção começa a participar das discussões a respeito do controle e da responsabilidade pela destinação de seus resíduos sólidos.

A citada resolução define responsabilidades e deveres, inclusive a necessidade de licenciar as áreas para disposição final, fiscalizar o setor em todo o processo e implementar o plano integrado de gerenciamento de resíduos da indústria da construção. Com isso, ela abre o caminho para que os setores públicos e privados possam juntos, prover os meios adequados para o manejo e a disposição desses resíduos.

A geração dos resíduos sólidos da construção civil é grande, podendo representar mais da metade dos resíduos sólidos urbanos. Estima-se que a geração de resíduos da construção civil (RCC) situa-se em torno de 450 kg/ habitante/ ano, variando naturalmente de cidade a cidade e com a oscilação da economia (fonte: Superintendência de Limpeza Urbana da Prefeitura de Belo Horizonte - 2005).

A necessidade de se aproveitar os RCC não resulta apenas no desejo de economizar. Trata-se de uma atitude fundamental para a preservação do nosso meio ambiente.

O importante a ser equacionado no setor é a gestão do processo produtivo, com a diminuição na geração de resíduos sólidos e o adequado gerenciamento dos mesmos no canteiro de obra, partindo da conscientização dos agentes envolvidos, criando-se a metodologia.

Vale ressaltar que se faz necessária uma mudança de cultura junto a todos os envolvidos no processo da IC, evidenciando a importância da preservação do meio em que vivemos.

A cada dia, a legislação torna-se mais rígida no que se refere ao meio ambiente, havendo uma tendência mundial que visa minimizar ao máximo a sua degradação e fortalecer a preservação para uma vida mais saudável. Cabe então, ao setor da construção adaptar-se a essa tendência.

O gerenciamento correto dos resíduos produzidos pela ICC, incluindo a sua redução, reutilização e reciclagem, tornará o processo construtivo mais rentável e competitivo, além de mais saudável. Somente assim poderemos realmente acreditar que o desenvolvimento sustentável fará parte de nossas vidas em um futuro muito breve.

1.2 RELEVÂNCIA DO TEMA E ESTRATÉGIA COMPETITIVA

1.2.1 A indústria da construção civil no Brasil e seus impactos

A indústria da construção civil é um setor de grande relevância para o Brasil, levando-se em consideração que sob o aspecto econômico, é responsável por cerca de 7% do Produto Interno Bruto (CBIC, 2006) e que no campo social gerou, somente em 2006, um volume de 3,7 milhões de empregos (5,6% da população ocupada total).

O país, que demanda recursos e políticas públicas para o seu desenvolvimento sustentável, precisa reconhecer cada vez mais a importância da construção civil como geradora de qualidade de vida para a população, através de soluções para os problemas urbanos e de infra-estrutura, meio ambiente e habitação, a exemplo do déficit habitacional, na ordem de 8 milhões de unidades (CBIC, 2007), além da existência de aproximadamente 10 milhões de moradias inadequadas. Cerca de 80% deste déficit está situado nas áreas urbanas, sendo mais de 90% entre famílias com renda de até cinco salários mínimos.

Reitera-se a relevância do estudo em virtude de:

- a) Os processos industriais da cadeia produtiva da indústria de construção gerarem resíduos industriais de características diversas e em alto volume e massa, os quais causam expressivos impactos ambientais.
- b) As atividades de logística reversa já existentes na cadeia configurarem-se por meio de iniciativas isoladas, e não possuírem grau de organização necessário para serem reproduzidas e ampliadas.
- c) O desenvolvimento sustentável do ambiente construído deve ser condição primordial para a sustentabilidade do planeta.

Apesar de sua importância, o setor apresentou historicamente uma lenta evolução tecnológica, em comparação a outros segmentos industriais. A partir da década de 90, com a queda das taxas inflacionárias, o advento da globalização e o aumento da competitividade, as empresas construtoras começaram a atingir melhores índices de produtividade e redução de custos e desperdícios, através de novos recursos tecnológicos e gerenciais. Atualmente o setor vem apresentando crescimento positivo, resultante, além de outras causas, do aumento de investimentos públicos e privados, da oferta de crédito para financiamentos imobiliários e maior estabilidade econômica do país.

A melhoria de desempenho da indústria da construção tem forte relação com o aumento do uso de novas tecnologias e da implantação de programas de qualidade.

Boa parte dos investimentos necessários na área de infraestrutura para a redução de custo- Brasil envolve a indústria da construção, rodovias, ferrovias, pontes, túneis, portos centros de armazenagem e distribuição e etc.

Segundo dados do IBGE (2008), a taxa de urbanização que era de 68% na década de 80, subiu para 76% em 1997, atingindo 81% em 2000. Como consequência o déficit habitacional nas cidades apresentou um acréscimo de 1,5 milhões de moradias entre 1991 e 2000, enquanto que nas áreas rurais foi de cerca de 400 mil unidades. A Tabela 1 mostra a inadequação dos domicílios urbanos considerando-se apenas o problema de falta de infraestrutura, adensamento excessivo e irregularidades na ocupação e uso do solo, especialmente na região sudeste do Brasil. A tabela 2 mostra o déficit habitacional.

Tabela 1 – Inadequação dos domicílios urbanos duráveis, segundo as regiões

| Região | Adensamento excessivo | Inadequação fundiária urbana | Carência de infraestrutura | Inexistência de unidade sanitária | Inadequação por depreciação |
|---------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Norte | 9,1% | 3,7% | 11,4 % | 11,1% | 2,4% |
| Nordeste | 19,1% | 28,7% | 39,1 % | 48,7% | 23,4 % |
| Sudeste | 56,0% | 43,1% | 21,0 % | 21,5% | 60,4 % |
| Sul | 9,8% | 21,6% | 14,3 % | 12,2% | 12,0% |
| Centro-Oeste | 6,0% | 2,9% | 14,2 % | 6,4% | 1,7% |
| Brasil | 2.024.939 | 1.508.744 | 10.261.076 | 1.466.701,2 % | 836.669 |

Fonte: Fundação João Pinheiro: LCA Consultores (2000)

Tabela 2 - Déficit habitacional total, por tipo e por componente, segundo as regiões

| Região | Total | PARTICIPAÇÃO REGIONAL NO DÉFICIT HABITACIONAL | | | | | |
|---------------------|-----------|---|-----------|----------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | POR TIPO | | POR COMPONENTE | | | |
| | | Urbano | Rural | Habilitação precária | Coabitação familiar | Ônus excessivo c/aluguel | Reposição p/ depreciação |
| Norte1* | 6,5% | 7,6% | 1,8% | 6,3% | 8,0% | 2,6% | 2,6% |
| Nordeste | 39,5% | 31,9% | 72,7% | 67,0% | 32,8% | 25,6% | 22,6% |
| Sudeste | 36,2% | 41,7% | 12,5% | 13,3% | 40,7% | 50,2% | 62,1% |
| Sul | 10,4% | 10,9% | 8,1% | 6,8% | 11,2% | 12,3% | 11,9% |
| Centro-Oeste | 7,3% | 7,9% | 4,9% | 5,9% | 7,4% | 9,5% | 1,3% |
| Brasil | 6.656.526 | 5.414.944 | 1.241.582 | 1.594.238 | 3.734.311 | 1.211.488 | 116.489 |

*1 na região Norte, o déficit rural foi calculado apenas para Tocantins

Fonte: Fundação João Pinheiro: LCA Consultores (2000)

Estudos da Universidade Federal de Santa Catarina identificam os maiores problemas relacionados com materiais de construção para as empresas construtoras, na percepção de suas equipes técnicas. O estudo tratou de um conjunto de 31 materiais componentes da construção civil, partindo da definição da cesta básica de materiais. A tabela 3 mostra a importância relativa dos quesitos qualidade desempenho e padronização, como causa de insatisfação para os produtos mais citados.

Tabela 3 – Causas da insatisfação com materiais de construção segundo ranking de citações

| | Bloco cerâmico | Chapa de compensado | Porta de madeira | Areia | Telha cerâmica |
|-------------------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------|--------------------|-------------------|
| Qualidade do produto | 360 | 390 | 309 | 290 | 161 |
| Desempenho do produto em uso | - | - | 6 | - | - |
| Padronização e normalização | 286 | 82 | 38 | 23 | 91 |
| Total de Citações | 646 | 472 | 353 | 313 | 252 |
| | Bloco de concreto | Cerâmica piso | Concreto usinado | Janela de Alumínio | Janela de Madeira |
| Qualidade do produto | 118 | 83 | 168 | 45 | 95 |
| Desempenho do produto em uso | 4 | 38 | - | 1 | 21 |
| Padronização e normalização | 74 | 73 | 3 | 21 | 14 |
| Total de Citações | 196 | 194 | 171 | 67 | 130 |
| | Argamassa Industrializada | Tube e conexão de PVC | Tinta PVA | Laje pré-moldada | Porta de alumínio |
| Qualidade do produto | 65 | 49 | 46 | 45 | 30 |
| Desempenho do produto em uso | 12 | 3 | 19 | 1 | 17 |
| Padronização e normalização | 35 | 39 | 12 | 21 | 18 |
| Total de Citações | 112 | 91 | 77 | 67 | 65 |

Fonte: UFSM. Elaboração: LCA consultores (2000)

No mundo moderno são grandes e rápidas as inovações incorporadas em qualquer segmento industrial, seja através de novos produtos, seja pela introdução de novos processos produtivos. Acompanhar as tendências tecnológicas e de mercado da indústria da construção deve ser objetivo básico.

Uma política para a indústria de materiais de construção deve levar em consideração tanto a heterogeneidade estrutural quanto a diferenciação regional.

1.2.2 Estratégia competitiva no setor - Logística Reversa

O sistema logístico reverso consiste em uma ferramenta organizacional com o intuito de viabilizar técnica e economicamente as cadeias reversas de forma a contribuir para a promoção da sustentabilidade de uma cadeia produtiva.

Diversos são os motivos que tornam a logística reversa um assunto tão relevante nos dias atuais, dentre elas: a redução do ciclo de vida mercadológico dos produtos, o surgimento de novas tecnologias e de novos materiais em suas constituições, sua obsolescência precoce e a ânsia descontrolada dos consumidores por novos lançamentos e os altos custos de reparo dos bens diante de seu preço de mercado. Após o processo logístico direto são gerados diversos resíduos tanto de bens no final de sua vida útil, como também de bens sem ou com pouco uso.

Atualmente, somente a logística direta não basta para conquistar e fidelizar o mercado consumidor, houve uma mudança na visão do consumo nas sociedades modernas, que tem se preocupado cada vez mais com as questões que tratam do equilíbrio ambiental. Para atender a esta nova demanda surge à logística reversa. Ela inicia seu processo ao término do processo direto, fechando o ciclo logístico total.

As empresas que atuam no setor ainda utilizam o expediente de copiar sucessos e de se distanciar de fracassos de outros empreendimentos. Envolvem-se em ciclos de produção que giram em torno de 30 meses e em muitos casos, chegam há 80 meses. Os riscos assumidos são muito grandes e as ferramentas utilizadas para tomar decisões são empíricas.

Os conceitos básicos da estratégia competitiva foram mostrados por Michael Porter em seus livros: *Estratégia Competitiva – Técnicas para análise de Indústrias e da concorrência* (1984) e *Vantagem competitiva* (1985)

Nesses livros são propostas estruturas para ajudar as empresas a criar e sustentar a vantagem competitiva em seus setores, através de custos e diferenciação.

Na vantagem competitiva, existem duas questões centrais:

- a) Quanto é atrativo o setor?

b) Qual a posição da empresa dentro do setor?

Estas questões são dinâmicas e isoladas, não sendo suficientes para guiar a definição de estratégia. Elas podem ser influenciadas pelos competidores e moldadas pelas ações de empresas. O desempenho do setor industrial é função de cinco forças competitivas básicas?

- a) As barreiras de entrada;
- b) As barreiras a adoção de substitutos;
- c) O poder de negociação com fornecedores;
- d) O poder de negociação com compradores
- e) A competição entre participantes do mercado.

A análise destas forças é a base para estimar a posição relativa da empresa e sua vantagem competitiva.

É necessário que a empresa veja suas operações de forma ampla: o segmento de mercado, a sua área geográfica de atuação, o tipo do consumidor, as suas necessidades e etc. Vantagem competitiva é mais facilmente ganha, definindo-se o escopo de operação da empresa e concentrando-se nisso.

A utilização de ferramentas de planejamento mais estruturadas e com menos empirismo, aliados a estudos mais elaborados nas fases de projeto básico, pode elevar o padrão de operação das empresas de construção. Novos padrões precisam ser estabelecidos procurando garantir também a qualidade do projeto e o comprometimento com a sustentabilidade.

Deste modo, assim como a logística, a sustentabilidade é vista como fonte de vantagem competitiva para uma estratégia empresarial. Já que a crescente sensibilização ambiental e social do mundo moderno configura novas exigências dos consumidores. Mais recentemente, as empresas perceberam que a ausência de sistemas de logística reversa e políticas definidas de retorno influenciam negativamente na logística direta causando problemas de grandes dimensões e percebendo, igualmente, a sua importância para a questão ambiental.

A implantação da logística reversa revela-se como uma grande oportunidade de se desenvolver a sistematização dos fluxos reversos de bens e produtos descartados, seja por fim de vida útil, seja por obsolescência tecnológica ou outro motivo, e o seu reaproveitamento

dentro e fora da cadeia produtiva que o origina, contribuindo para a redução do uso de recursos naturais e dos demais impactos ambientais.

Devido à crescente competição presente, tanto nos mercados internos quanto nos externos, fruto da globalização, as empresas têm demonstrado uma maior preocupação em relação à manutenção das vantagens competitivas, que lhes permitam atingir mercados cada vez maiores e a adição de valor aos negócios existentes.

Neste contexto, no setor da IC verifica-se uma preocupação com a sustentabilidade porque esta é vista como um diferencial competitivo, perante aos clientes. Além disso, tanto os processos de produção nos canteiros de obra, quanto os produtos que dele derivam são potencialmente impactantes no ambiente. Destaca-se ainda o setor possui interfaces com muitas cadeias produtivas, das mais variadas composições e níveis de organização, desde a cadeia produtiva das madeiras, passando pelo PVC até o cimento.

A logística empresarial engloba, além da administração de materiais, a distribuição física. Da administração de materiais depende a curva de demanda dos clientes, atividades de promoção de marketing e dos planos de produção. (BALLOU, 1993)

Analogamente, verificamos que estes aspectos também se aplicam à logística reversa. Se considerarmos o agente “valorizador”, ou seja, aquele que reforma, repara, recicla ou dá nova utilização ao resíduo, de forma a torná-lo um produto, veremos que sua produção, ou seja, o fornecimento de produto ou reformulado depende da curva de demanda por estes produtos no mercado, geralmente secundário, das atividades de promoção de marketing, geralmente baseadas no marketing ambiental e nas pressões de produção e distribuição destes produtos para o mercado.

Segundo LEITE (2003), algumas cadeias produtivas já praticam ações de logística reversa, mas com baixo grau de organização e certa informalidade comercial. São canais reversos que se desenvolveram, sobretudo, unicamente pela percepção do valor comercial, contido em um resíduo, o qual ainda tem por qualidade ter uma fácil utilização, aplicação e/ou reaproveitamento, como por exemplo, a cadeia de aço e ferro, na qual a economia reversa apresenta uma fração de cerca de 30 a 40 % da cadeia produtiva direta.

Lembra ainda o autor, que a viabilidade técnica e econômica do processo de reciclagem é um dos aspectos mais importantes na estruturação dos canais reversos de pós-consumo, sendo em alguns casos, o motivo principal da sua dificuldade de organização.

A adição de valores tem início desde a obtenção de matéria-prima até o descarte/disposição final/definitiva, tendo por “caminho a percorrer” o fluxo logístico, quando o caminho é reverso consolida-se o “*reverse supply chain management*”.

No caso da indústria de construção, apesar dos insumos utilizados possuírem um ciclo de vida extenso (são bens duráveis), se comparados com outros produtos, a tendência na utilização de reuso, reciclagem ou reforma vem ao encontro na preocupação de se evitar a produção de entulho, economizando recursos naturais que seriam usados na produção de novos produtos.

Além disso, grande parte dos insumos consumidos durante a atividade construtiva tem em sua composição as embalagens (ex.: sacos de cimento, sacos plásticos, caixas de papelão, latas de tinta, entre outros) as quais se constituem em produtos pós-consumo que devem ter seu canal de distribuição reverso estruturado e que permita, de preferência, sua revalorização em outros mercados, ou sua adequada destinação/disposição.

Na integração da cadeia da IC, a construtora assume papel de integradora de materiais e produtos, de forma harmônica, técnica e econômica, devendo gerar um produto final com características requeridas pelo cliente. No entanto, fatores como a diversidade de produtos, o volume destes, a ausência de modulação em projetos e de projetos específicos, a precariedade dos sistemas de gestão, incluindo o planejamento e controle de produção, a escassez de normas técnicas/ regulamentação, nos levam a acreditar que a missão de integrar a cadeia pode e deve ser compartilhada pelos fornecedores de materiais e produtos.

Segundo LEITE (2003),

nessa fase as empresas possuem uma visão sistêmica interna e externalizam essa estratégia para a rede de operações, formando redes de organizações constituídas pelos diversos elos anteriores e posteriores a elas na cadeia industrial, com o intuito de otimizar as operações e os fluxos logísticos desse novo sistema, as chamadas cadeias de suprimento. Apresentam um ambiente empresarial de alta flexibilidade, qualidade total e elevado nível de relacionamento com seus clientes e fornecedores, por meio de alianças e parcerias estratégicas de várias naturezas, que permitem interações, compartilhamento de informações e acréscimo de valor nos serviços prestados, melhorando a operação dos clientes e mantendo-os por mais tempo.

Assim, se os fornecedores conseguirem cumprir sua função logística, contribuirão enormemente para a gestão do empreendimento. Acredita-se, analogamente, que o desenvolvimento de canais reversos pode ser melhor desempenhado pelas empresas

fornecedoras, através da aplicação do conceito de *EPR (Extended Product Responsibility – Responsabilidade estendida do produto)*, segundo o qual a “cadeia industrial produtora ou o próprio produtor, que de certa maneira agride o meio ambiente, deve se responsabilizar pelo seu próprio produto até a decisão correta do seu destino após seu uso original” (LEITE, 2003), ou seja, a responsabilidade sobre o produto não termina com a venda.

Constata-se ainda que a consolidação da logística reversa é um processo progressivo e independente entre empresas fornecedoras e as construtoras.

As indústrias disponibilizam materiais residuais de seus processos que se constituíram em sobras não utilizáveis em reciclagens internas, eventualmente existentes, materiais considerados inservíveis, além de produtos secundários de fabricação. A necessidade de gerenciamento destes resíduos através da logística reversa é, ainda, mais importante pois além de perfazerem monta considerável se comparado com resíduos domiciliares, constituem-se em oportunidade de retorno econômico para a empresa geradora, pois são considerados resíduos “limpos”, por manterem disponibilização de quantidades relativamente constantes e por apresentarem qualidade superior aos demais resíduos pós-consumo, e, dessa forma, apresentar maior valor agregado, sendo utilizados como matéria-prima direta por outras empresas, como também na geração de energia, reciclados ou ainda reutilizados em outros processos na empresa.

A abertura de mercados ao comércio internacional, migração de capitais, uniformização e expansão tecnológica, avanço do comércio eletrônico e expansão dos meios de comunicação, conduz uma constante mudança de hábitos, conceitos, procedimentos. A globalização implica na uniformização de padrões econômicos e culturais em âmbito mundial. O mundo passou a ser visto como uma referência para obtenção de mercados de investimento e fonte de matérias-primas.

Neste universo de crescentes exigências em termos de produtividade e de qualidade do serviço oferecido aos clientes, as organizações passaram a se preocupar mais com a qualidade do fluxo de bens dentro do processo produtivo, com o objetivo de atender bem o cliente e conseqüentemente fidelizá-lo, mas para isso há a necessidade de mudarem de estratégia.

O aumento da velocidade de descarte dos produtos, após seu primeiro uso, em geral, não encontrando canais de distribuição reversos pós-consumo, devidamente estruturados e organizados, provoca desequilíbrio entre as quantidades descartadas e as reaproveitadas, gerando um enorme crescimento de produtos pós-consumo (LEITE, 2003).

Uma visão moderna e contemporânea de marketing social, ambiental e principalmente de responsabilidade ética empresarial, segundo LEITE (2003), se adotada por empresas dos diversos elos da cadeia produtiva de bens em geral envolvidos na geração de problemas ecológicos resultará em imagens corporativas cada vez mais comprometidas em questões de preservação ambiental e responsabilidade social.

A revalorização legal dos resíduos de pós-consumo, operacionalizada pela logística reversa, resolve o seu problema da destinação dos resíduos garantindo o seu retorno ao ciclo produtivo e de negócios e ao mesmo tempo obedece às legislações, além de considerar a obtenção de competitividade através da otimização dos recursos naturais, transformando resíduos em matéria-prima novamente.

De acordo com a afirmação de LEITE (2003) empresas que impactam negativamente o meio ambiente serão afetadas por legislações restritas às suas operações e oneradas em custos que podem ser evitados, tendo ainda sua imagem corporativa prejudicada perante a sociedade. Este problema pode ser evitado se as empresas anteciparem-se e adotarem em suas operações a logística reversa. Esta pode ser viabilizada estabelecendo-se parcerias para constituição de redes de logística reversas, reaproveitamento de recursos existentes, projetando novos produtos que utilizam resíduos, agregando valor aos resíduos e comercializando-os no mercado secundário.

1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO

Objetivo do presente trabalho é propor um modelo de gerenciamento de resíduos da indústria da construção de modo a contribuir para a redução do impacto causado pelo setor no meio ambiente, diminuindo o custo de produção a partir da diminuição dos gastos com recursos naturais, energia e gestão desses resíduos.

1.4 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho tem como essência a identificação de práticas utilizadas no descarte de resíduos da indústria da construção. De posse dos dados coletados na pesquisa em campo e por meio de estudos na literatura disponível, são definidos os parâmetros para a proposição de práticas inovadoras que contribuam para a melhoria do processo de descarte do entulho gerado na construção civil.

Para Gil (1999, pag.:42), o objetivo fundamental de uma pesquisa é descobrir respostas e soluções para problemas, mediante o emprego de procedimentos científicos.

Minayo (1993, pag.: 23) considera a pesquisa uma atividade básica das ciências na sua indagação e descoberta da realidade, e uma atitude e uma prática teórica de constante busca que define um processo intrinsecamente inacabado e permanente. É uma atividade de aproximação sucessiva da realidade que nunca se esgota, fazendo uma combinação particular entre teoria e dados.

Do ponto de vista de sua natureza, pode ser considerada uma pesquisa aplicada, pois tem como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigida a solução de problema específico.

Com relação aos procedimentos técnicos, este trabalho consta de:

- Pesquisa bibliográfica, por meio de consulta a livros, teses, artigos especializados, anais de congressos nacionais e internacionais, pesquisa em sites especializados na Internet, publicações diversas como jornais e revistas não indexadas, revistas especializadas, boletins informativos de circulação interna ou dirigida, enfim, todo e qualquer material de fonte reconhecida, necessário para contextualização do tema-problema, assim como do entendimento dos significados das variáveis envolvidas.

- Pesquisa de campo, desenvolvida por meio de entrevistas com especialistas e gestores de empresas da construção civil e da administração pública.

- A verificação dos conhecimentos teóricos num campo prático inspirou-se em afirmação de CASTRO (1978, pag.: 88). Para ele “o interesse primeiro não é pelo caso em si, mas pelo que ele sugere a respeito do todo”.

A população pesquisada foi composta de empresas representativas do setor da construção civil e empresas de serviço público . Sua representatividade se revela em diversos aspectos quais sejam: construção de edifícios residenciais, montagem industriais, concessões de serviços públicos, obras para exportação e transporte de petróleo, usinas hidroelétricas, construção e projetos de rodovias e portos, etc.

O presente estudo foi desenvolvido baseado no estágio atual do conhecimento da indústria da construção, com foco em processos de reciclagem e esgotamento de insumos naturais notadamente aplicável à realidade brasileira, com vistas à sustentabilidade.

Do ponto de vista da abordagem da obtenção das respostas às questões formuladas, é uma pesquisa conceitual, pois consiste da análise, comparação e interpretação de sistemas de gestão da qualidade ambiental, e programas desenvolvidos por governos e indústrias, não requerendo para tanto o uso de métodos e técnicas estatísticas.

Por se tratar de um estudo qualitativo típico, a identificação dos dados e informação foi precedida da imersão do autor no contexto a ser estudado. A literatura e a reflexão prévias permitiram focalizar com maior precisão as questões a serem investigadas e obter mais facilmente as respostas.

A análise dos dados e informações se faz através de um processo continuado, no qual se procurou desvendar-lhes o significado. À medida que as informações eram coletadas, o autor procurou construir interpretações e gerou novas questões o que por sua vez, o levou a busca de novos dados.

1.4.1 Resumo da Experiência de Campo

1.4.1.1 Construtora Fernandes Maciel

Empresa Construtora da cidade de Niterói de porte médio, que entrevista com seu diretor presidente foram-nos relatados as dificuldades no descarte do entulho de suas obras, uma vez que a cidade de Niterói encontra-se atualmente com seus aterros em situação prestes ao esgotamento, sendo pago um preço de R\$ 12,00 por tonelada de entulho entregue para o descarte, também não havendo qualquer processo de gerenciamento do entulho visando a reciclagem.

1.4.2.1 Andrade Gutierrez – Obra do Centro Administrativo – MG

Foi visitada a construção do centro administrativo do Governo do Estado de Minas Gerais, nas proximidades do Aeroporto de Confins. Empreendimento este de grande porte com atuação de cerca de 6.000 operários em turnos de 24 horas e na qual existe todo um processo de gestão de resíduos e reciclagem para produção de insumos a serem utilizados na própria obra. Foi-nos apresentado pela equipe de gestão da, Andrade Gutierrez, em detalhes toda a preocupação ecológica da Empresa através de levantamento de indicadores de controle de desperdício, descarte e reciclagem.



Figura 1 - Centro Administrativo do Governo do Estado de Minas Gerais

1.4.1.3- Andrade Gutierrez – Obra do Anel Rodoviário de BH

Foi percorrido toda extensão da obra, com acompanhamento da equipe da Andrade Gutierrez, que fez relatos dos impactos da obra no trânsito da capital, bem como a preocupação com a preparação da vizinhança do entorno da obra e suas conseqüências no desafogo do tráfego de Belo Horizonte.

1.4.1.4- Prefeitura de Belo Horizonte – Usina de Reciclagem de Entulho e Estação de Triagem.

Foi-nos apresentado pela Superintendência de Limpeza Urbana da Prefeitura de BH todo o processo de coleta de lixo na capital passando pela estação de triagem e transbordo, até chegarmos ao aterro sanitário da prefeitura, onde é feito todo tratamento ecológico, incluindo o aproveitamento e comercialização de gás, através de metodologia Italiana que está sendo absorvida e acompanhada por técnicos especializados.



Figura 2 - Estação de Tratamento e Triagem 1



Figura 3 - Estação de Tratamento e Triagem 2

1.4.1.5 – Andrade Gutierrez – Obra do PAC em Manguinhos - RJ

Foi visitado o canteiro de obras da Empresa em Manguinhos – RJ onde acontece a construção de moradias para a população de baixa renda e toda uma reurbanização da região, como parte do programa PAC no estado do RJ.

1.4.1.6 – Recinert Ambiental e Tecnologia em Reciclagem

Mantidos contatos com representantes da Empresa, em seminário promovido pela FIRJAN, no Rio de Janeiro, nos quais nos foram apresentados toda a linha de produtos destinados à separação e reciclagem de todo tipo de resíduo sólido.

1.4.1.7 – Santa Cecília Transporte de Resíduos.

Visitada a Empresa, de médio porte, na baixada fluminense que possui toda uma frota de veículos específicos para coleta, transporte e descarte em aterros de resíduos sólidos produzidos na região do Grande Rio, com apresentação da estratégia da empresa no recolhimento de resíduos e dificuldades encontradas no processo.

1.4.1.8 – Krieger Soluções Ambientais

Empresa de pequeno porte que possui cerca de seis caminhões e 40 caçambas para o serviço de coleta de entulho advindos da IC, e que encontram muitas dificuldades e pressões de concorrentes na realização do descarte ecologicamente correto.

1.4.1.9 – ATT de São João de Meriti – RJ

Área de triagem de entulho de propriedade privada, em fase de implantação, em condições precárias de operação que conta com o apoio da Prefeitura de São João de Meriti e que opera com máquinas reaproveitadas e em estágio de montagem.

1.4.1.10 – EMASA Mineração S/A.

Empresa exploradora de pedreiras no Rio de Janeiro e recicladora de entulho da IC que através de seu diretor presidente Luiz Neto nos relatou toda problemática de utilização de insumos virgem e insumos reciclados na IC.

1.4.1.11 – ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos especiais.

Empresa patrocinadora de evento realizado no Centro Empresarial Sul América no Rio de Janeiro e promovido pela FIRJAN em maio de 2010, onde foi apresentado pelo seu diretor executivo Carlos Roberto Vieira da Silva Filho o manual intitulado “Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil em 2009”, com todo um levantamento da situação dos resíduos sólidos no Brasil.

1.4.1.12 – CAENGE Ambiental

Empresa de Brasília que tem por missão principal a capacitação e treinamento de agentes do processo da IC, no acultramento voltado para preservação ambiental e conscientização de vizinhanças de empreendimentos da IC.

1.4.1.13 – Workshop Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Construção e Demolição.

Evento promovido por Planeja & Informa Comunicação e Marketing, realizado em abril de 2010 na sede da FIRJAN no Rio de Janeiro, onde especialistas da área de gestão de resíduos, em dois dias de palestras, apresentaram suas experiências na área.

1.4.1.14 – Evento 2014 – Saneamento da Rede

Evento promovido por Planeja & Informa Comunicação e Marketing, realizado em maio na FIRJAN no Rio de Janeiro, onde representante de empresas estaduais de saneamento de todo Brasil apresentaram as situações em cada região de sua atribuição, acerca da gestão de resíduos.

1.4.1.15 – 1º Seminário Internacional de Tecnologias e Gestão de Resíduos Sólidos

Evento patrocinado pela ABRELPE e realizado em maio de 2010 no Centro Sul América de Convenções no Rio de Janeiro, onde foram apresentadas experiências tecnológicas de reciclagem e principalmente as políticas de Gestão de Resíduos Sólidos hoje implementadas na Itália e Portugal.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Os assuntos serão apresentados em sete capítulos:

- O capítulo 1 refere-se à introdução, contém apresentação, caracterização do problema, relevância do tema e estratégia competitiva do setor, objetivos e estrutura do trabalho, metodologia usada no desenvolvimento e resumo das experiências de campo.
- O capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica acerca da construção civil no Brasil, sobre o meio ambiente/ desenvolvimento sustentável, a indústria da construção, logística reversa e reciclagem.

- No capítulo 3 fazemos uma abordagem sobre os resíduos da indústria da construção, com o objetivo de identificar a sua correta destinação dentro do modelo de reciclagem, e as características dos produtos derivados dessa reciclagem.
- No capítulo 4 é apresentada a proposta do Modelo de Tratamento de Resíduos da Indústria da Construção.
- No capítulo 5 fazemos a validação do modelo proposto através da comprovação da sua viabilidade econômica e financeira.
- O capítulo 6 apresenta as considerações finais para implementação do modelo, através de uma composição entre a iniciativa privada e o Poder Público, usando mecanismos de concessões e incentivos fiscais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – DIFERENTES ENFOQUES CONCEITUAIS

O objetivo desse capítulo é explicitar as dificuldades encontradas no estabelecimento do conceito de desenvolvimento sustentável, dado que este provém de um longo processo histórico de reavaliação crítica de relacionamento existente entre a sociedade civil e seu meio natural. Por isso, por se tratar de um processo contínuo e complexo, observa-se hoje que existe uma variedade de abordagens que procuram explicar o conceito de sustentabilidade.

Não é objetivo identificar a maioria das definições que tratam do desenvolvimento sustentável (que para alguns autores chegam a 160 atualmente), mas sim identificar como varia o entendimento do que seja a própria sustentabilidade. As diferenças nas definições são decorrência das abordagens diversas que se tem sobre o conceito. O grau de sustentabilidade é relativo em função do campo ideológico da dimensão em que cada autor se coloca.

Alguns métodos que procuram avaliar a sustentabilidade partem da suposição sobre algumas características, metas e os princípios que emergem da própria sociedade. Todas essas concepções são importantes para que se tenham um retrato mais elaborado, sobre esse tema complexo que é o desenvolvimento sustentável.

Existem múltiplos níveis de sustentabilidade, o que leva a questão da inter-relação dos subsistemas que devem ser sustentáveis, o que, por si só, não garantem a sustentabilidade do sistema como um todo. É possível observar a sustentabilidade a partir de subsistemas, como por exemplo, dentro de uma comunidade local, um empreendimento industrial, uma eco região ou uma nação; Entretanto deve-se reconhecer que existem interdependências e fatores que não podem ser controlados dentro das fronteiras desses sistemas menores.

O termo desenvolvimento sustentável foi primeiramente discutido pela *World Conservation Union*, também chamada de *International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources* (IUCN), no documento intitulado *World's Conservation Strategy* (IUCN et al., 1980). Nesse documento, afirma-se que, para o desenvolvimento ser sustentável, devem ser considerados os aspectos referentes às dimensões social e ecológica, bem como fatores econômicos, fatores dos recursos vivos e não-vivos e as vantagens de curto e longo prazo de ações alternativas. O foco do conceito é a integridade ambiental e apenas a partir da

definição do Relatório *Brundtland* a ênfase desloca-se para o elemento humano, gerando um equilíbrio entre as dimensões econômica, social e ambiental.

O Relatório de *Brundtland*, elaborado a partir da Comissão Mundial de Meio Ambiente e desenvolvimento (*World Commission on Environment and Development – WCDE*), traz uma das definições mais conhecidas, que afirma que o desenvolvimento sustentável é o que atende às necessidades das gerações presentes, sem comprometer as possibilidades das gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades (WCED, 1987).

Para Goldsmith et al., (1972), uma sociedade pode ser considerada sustentável, quando todos os seus propósitos e intenções puderem ser atendidos indefinidamente, fornecendo satisfação ótima para seus membros. PRONK e ULHAQ (1992) destacam o papel do crescimento econômico na sustentabilidade. Para eles, o desenvolvimento é sustentável quando o crescimento econômico traz justiça e oportunidades para todos os seres humanos do planeta, sem privilégios de algumas espécies, sem destruir os recursos naturais finitos e sem ultrapassar a capacidade de carga do sistema.

Para algumas organizações governamentais e não governamentais e para o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e para o Desenvolvimento (PNUMA e PNUD), o desenvolvimento sustentável consiste na modificação da biosfera e na aplicação de seus recursos para atender às necessidades humanas e aumentar a sua qualidade de vida (IUCN et al. 1980). Para assegurar a sustentabilidade do desenvolvimento, os fatores social, ecológico e econômico devem ser considerados dentro das perspectivas de curto, médio e longo prazos.

Para COSTANZA (1991), o conceito de desenvolvimento sustentável precisa ser inserido na relação dinâmica entre o sistema econômico humano e um sistema maior, com taxa de mudança mais lenta, o ecológico. Para ser sustentável, essa relação tem de assegurar indefinidamente a continuidade da vida humana com crescimento e desenvolvimento da sua cultura, observando-se que os efeitos das atividades humanas permaneçam dentro de fronteiras adequadas de modo não destruir a diversidade, a complexidade e as funções do sistema ecológico de suporte à vida.

MUNASINGHE e MCNEELY (1995) resumem a sustentabilidade à obtenção de um grupo de indicadores que sejam relacionados ao bem-estar e que possam ser mantidos ou que cresçam no tempo.

O termo desenvolvimento sustentável pode ser visto como palavra-chave dessa época. Como existem para este termo numerosas definições, as duas definições mais comumente

conhecidas, citadas e aceitas são a do Relatório *Brundtland* (WCED, 1987) e a do documento conhecido como Agenda 21. A mais conhecida definição, a do Relatório *Brundtland*, apresenta a questão das gerações futuras e suas possibilidades. Ela contém dois conceitos-chaves: o da necessidade e o da idéia de limitação. O primeiro refere-se particularmente às necessidades dos países subdesenvolvidos e, o segundo, a idéia imposta pelo estado da tecnologia e de organização social para atender às necessidades do presente e do futuro.

A questão da ênfase do componente social no desenvolvimento sustentável está refletida no debate que ocorre sobre a inclusão ou não de medidas sociais na definição. Esse debate aparece em função da variedade de concepção sobre sustentabilidade que contem componentes que não são mensurados usualmente, como o cultural e o histórico. Os indicadores sociais são considerados especialmente controversos, pois refletem contextos políticos e julgamentos de valor. A integração de medidas de mitigação é ainda mais complicada por causa das diferentes e, muitas vezes, incompatíveis dimensões. A definição do Relatório de *Brundtland* não estabelece um estado estático, mais um processo dinâmico que pode continuar a existir sem a lógica autodestrutiva predominante. As diferentes forças que atuam no sistema devem estar em balanço para que o sistema como um todo se mantenha no tempo.

Segundo PEARCE (1993), existem diferentes ideologias ambientais que fazem do ambientalismo um fenômeno complexo e dinâmico. Dentro do ambientalismo, este autor identifica dois extremos ideológicos: de um lado o tecnocentrismo, e, do outro, o ecocentrismo. Dentro dessa linha contínua podem-se identificar quatro campos distintos com características particulares. Essas dimensões diferentes do ambientalismo são mostradas no Quadro 1. Nele diferentes graus de sustentabilidade podem ser distinguidos.

PEARCE utiliza quatro classificações: sustentabilidade muito fraca (*very weak sustainability*), sustentabilidade fraca (*weak sustainability*), sustentabilidade forte (*strong sustainability*) e sustentabilidade muito forte (*very strong sustainability*).

Pode-se encontrar também um paralelo que NAESS (1966) faz entre ecologia profunda (*deep ecology*) e ecologia superficial (*shallow ecology*). Na ecologia superficial o objetivo central é a afluência e a saúde das pessoas, juntamente com a luta contra poluição e a depleção de recursos. Na ecologia profunda o foco se concentra no igualitarismo biosférico e nos princípios da diversidade, complexidade e autonomia.

Autores ligados à tendência tecnocêntrica acreditam, que a sustentabilidade se refere à manutenção do capital total disponível no planeta e que ela pode ser alcançada pela substituição de capital natural pelo capital gerado pela capacidade humana. No extremo ecocêntrico os autores destacam a importância do capital natural e a necessidade de conservá-lo, não apenas pelo seu valor financeiro, mas, principalmente, pelo seu valor substantivo.

| | Tecnocêntrico | | Ecocêntrico | |
|--------------------------|---|--|---|--|
| | Cornucopiana | Adaptativa | Comunalista | Ecologia Profunda |
| Rótulo ambiental | Exploração de recursos, orientação pelo crescimento. | Conservacionismo dos recursos, posição gerencial. | Preservacionismo de recursos. | Preservacionismo profundo. |
| Tipos de economia | Economia antiverde, livre mercado. | Economia verde, mercado verde conduzido por instrumentos de incentivos econômicos. | Economia verde profunda. Economia steady-state, regulação macroambiental. | Economia verde muito profunda, forte regulação para minimizar a tomada de recursos. |
| Estratégia de gestão | Objetivo econômico, maximização do crescimento econômico. Considera que o mercado livre em conjunção com o progresso técnico possa possibilitar a eliminação das restrições relativas aos limites e à escassez. | Modificação do crescimento econômico, norma do capital constante, alguma mudança de escala. | Crescimento econômico nulo, crescimento populacional nulo. Perspectiva sistêmica, saúde do todo (ecossistema), hipótese de Gaia e suas implicações. | Reduzida escala da economia e da população. Imperativa mudança de escala, interpretação literal de Gaia. |
| Ética | Direitos e interesses dos indivíduos contemporâneos, valor instrumental na natureza. | Equidade intra e intergeracional (pobres contemporâneos e gerações futuras), valor instrumental na natureza. | Interesse coletivo sobrepuja o interesse individual, valor primário dos ecossistemas e valor secundário para suas funções e serviços. | Bioética (direitos e interesses conferidos a todas as espécies), valor intrínseco da natureza. |
| Grau de sustentabilidade | Sustentabilidade muito fraca. | Sustentabilidade fraca. | Sustentabilidade forte. | Sustentabilidade muito forte. |

Quadro 1: Dimensões do Ambientalismo.

Fonte: Pearce (1993)

Segundo DAHL (1997) a definição de Brundland é muito geral e não implica responsabilidade específica a respeito das dimensões do desenvolvimento sustentável e nem em relação às gerações futuras. A segunda definição geral e bem mais aceita, atualmente é aquela contida no documento Agenda 21, um plano, composto por 40 capítulos, negociado e adotado dentro da Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente e desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, em 1992. Para DAHL (1997), o termo desenvolvimento sustentável é claramente um conceito carregado de valores e existe uma forte relação entre os princípios, a ética, as crenças e os valores que fundamentam uma sociedade ou comunidade e

sua concepção de sustentabilidade. DAHL pondera que um dos problemas do conceito, refere-se ao fato de que a sociedade deve saber para onde ir, para que depois se possa medir se esses objetivos ou direção estão sendo seguidos e alcançados. Para chegar a uma concepção compreensiva, ou seja, sustentável, ao mesmo tempo em que se transmite essa concepção para os atores da sociedade de maneira clara. Entretanto o próprio autor reconhece que dar forma à concepção, não é tarefa fácil.

BOSSEL (1997) diz que existem diferentes maneiras de alcançar a sustentabilidade de um sistema com conseqüências diversas para os seus participantes. O autor lembra que algumas civilizações se mantiveram sustentáveis em seus ambientes durante muito tempo, pela institucionalização de sistemas de exploração, injustiças e de classes que são atualmente inaceitáveis.

BOSSEL (1999) afirma que se existe uma alternativa à sustentabilidade é a insustentabilidade. O conceito de desenvolvimento sustentável envolve a questão temporal; a sustentabilidade de um sistema somente pode ser observada a partir da perspectiva futura de ameaças e oportunidades.

Para BOSSEL (1999), se a sustentabilidade ambiental estiver relacionada com o prolongamento das tendências atuais, onde uma minoria dispõe de grandes recursos à custa de uma maioria, o sistema será socialmente insustentável em função crescente pressão que decorre de um sistema institucionalmente injusto. Uma sociedade, ambientalmente e fisicamente sustentável, que explora o ambiente em seu nível máximo e sustentação, pode ser psicológica e culturalmente insustentável. Segundo ele, a sustentabilidade deve abordar dimensões: material, ambiental, social, ecológica, econômica, legal, cultural, política e psicológica.

Difícilmente é possível verificar a sustentabilidade no contexto dos acontecimentos. BOSSEL (1999) lembra que, no passado a sustentabilidade da sociedade humana não esteve seriamente ameaçada, uma vez que carga provocada pela atividade humana sobre o sistema era de escala reduzida, o que permitia uma resposta adequada e uma adaptação suficiente. As ameaças sobre a sustentabilidade de um sistema começaram a requerer atenção mais urgente na sociedade à medida que o sistema ambiental não é capaz de responder, adequadamente, a carga que recebe. Se a taxa de mudança ultrapassar a capacidade do sistema de responder, acaba deixando de ser viável.

As ameaças para a viabilidade do sistema, segundo BOSSEL (1998, 1999), derivam-se de alguns fatores: as dinâmicas da tecnologia, da economia e do crescimento populacional. Todas podem levar a uma acelerada taxa de mudança. O autor reafirma a necessidade de operacionalizar o conceito de sustentabilidade, que já julga estar implícito na sociedade, acreditando na improbabilidade desse sistema ter uma tendência à autodestruição. A operacionalização deve auxiliar na verificação sobre a sustentabilidade ou não do sistema, ou, pelo menos, ajudar na identificação das ameaças à sustentabilidade de um sistema. Para isso há a necessidade de se desenvolver indicadores que forneçam informações sobre onde se encontra a sociedade em relação à sustentabilidade.

Sustentar para BOSSEL (1999) significa manter a existência, prolongar. Se aplicado apenas neste sentido não tem, segundo ele, muito significado para a sociedade humana, que não pode ser mantida no mesmo estado. A sociedade humana é um sistema complexo, adaptativo, incluso em outro sistema complexo que é o meio ambiente. Esses sistemas co- envolvem em interação mútua, com constante mudança e evolução, essas habilidades de mudar e evoluir devem ser mantidas na medida em que se pretenda um sistema que permaneça viável.

BOSSEL sugeriu um esquema, apresentado na figura 4, onde mostra os diferentes caminhos que uma sociedade pode tomar. A partir de seu momento atual, eixo “x”, ocorrem diferentes alternativas de desenvolvimento; entretanto, o autor afirma que há diversas restrições ao desenvolvimento, algumas flexíveis e outras fixas. O campo total das possibilidades de desenvolvimento é determinado por esses elementos, deixando apenas um espaço potencial limitado de opções, que o autor chama de espaço acessível (*accessibility space*) onde o desenvolvimento sustentável ocorre.

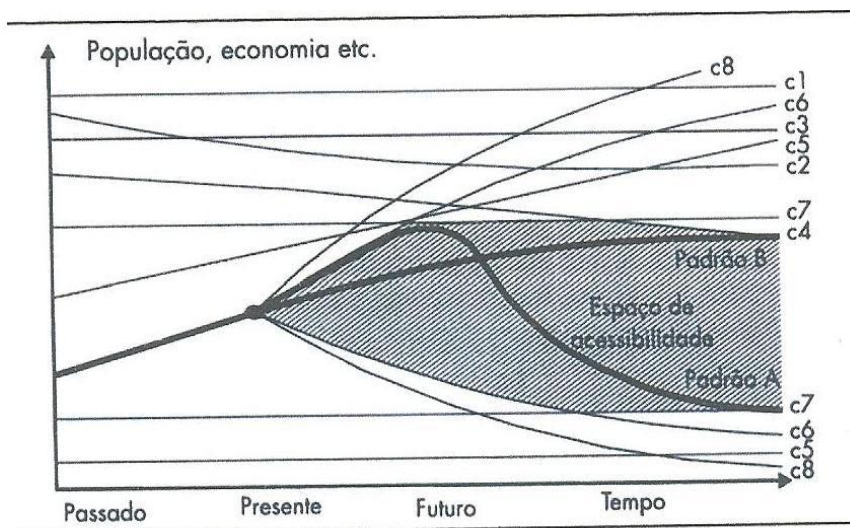


Figura 4 - Espaço para o Desenvolvimento Sustentável

Fonte: BOSSEL (1999)

Dentro desse campo existem inúmeras possibilidades ou caminhos de desenvolvimento. Isso leva à questão das diferentes escolhas ou julgamentos e a inclusão de referências éticas. BOSSEL, afirma que o conceito de desenvolvimento sustentável deve ser dinâmico. A sociedade e o meio ambiente sofrem mudanças contínuas, as tecnologias, culturas, valores e aspirações se modificam constantemente, e uma sociedade sustentável deve permitir e incorporar estas modificações. O resultado dessa constante adaptação do sistema não pode ser previsto, porque é consequência de um processo evolutivo.

BOSSEL (1999) apresenta as restrições para o sistema físico ou para o espaço de desenvolvimento:

C1 – As leis da natureza e as normas lógicas

São elementos que não podem ser rompidos e ultrapassados; são restrições que não podem ser contornadas. O autor oferece o exemplo do mínimo de nutrientes requerido para o crescimento de uma planta ou do máximo de eficiência energética obtida por um processo térmico. Trata-se da primeira restrição sobre o espaço acessível de desenvolvimento.

C2 – Ambiente físico

A sociedade humana é um subsistema ou uma parte do ambiente global com o qual interage e do qual depende. Seu desenvolvimento depende das condições do ambiente em geral, como a capacidade de assimilação de resíduos, dos rios, dos oceanos, recursos renováveis e não-renováveis, clima, etc.. Alguns desses elementos são restrições estáticas

(recursos não-renováveis), outros se referem a limitações ou velocidade de utilização (máximo de absorção de resíduos no tempo, por exemplo). O desenvolvimento sustentável deve observar essas limitações.

C3 – Fluxo solar e estoques de recursos materiais

Existe apenas uma fonte de energia primária: a solar. Em um processo de desenvolvimento sustentável, a limitante energética é a taxa de energia solar que pode ser capturada e utilizada pelo sistema. Os recursos materiais são limitados pelo estoque atual que existe na biosfera; têm reciclado por bilhões de anos, por isso a reciclagem é um elemento importante na sustentabilidade.

C4 – Capacidade de carga

Os ecossistemas e organismos, incluindo os seres humanos, necessitam de certo fluxo de energia solar, nutrientes, água e outros elementos. O consumo depende do organismo e de seu estilo de vida. Em longo prazo, o consumo é limitado pela produção fotossintética de uma determinada região. A capacidade de carga constitui o número de organismos de uma determinada espécie, que pode ser suportada por essa produtividade ecológica dentro da região. Ela depende, logicamente, da taxa de consumo da região, que não é apenas determinada pela alimentação, mas depende também de outros recursos como a água. Os seres humanos podem ultrapassar a capacidade de carga de uma determinada região importando recursos críticos de outras regiões, mas isso só é válido temporariamente, uma vez que o fluxo tende a diminuir quando os recursos se tornarem escassos em outras partes.

A seguir relacionamos as restrições de natureza humana e sobre as metas humanas que estão associadas ao fato de que nem tudo é desejável.

C5 – Atores sociais

Seres humanos são conscientes e criativos, ou seja, atuam de maneira restrita, confinados por regras de comportamento. São capazes de criar novas soluções ou, por outro lado, não enxergarem as soluções óbvias. Constitui-se assim uma restrição sobre o espaço, que é mental é intelectualmente acessível ao ser. As sociedades que são mais inovadoras têm maior área acessível do que as mais restritivas.

C6 – Organizações, cultura e tecnologia

Para uma dada sociedade e para o mundo em geral, existe uma interação entre organizações, cultura, sistemas políticos e tecnologias possíveis que afetam o comportamento

social e a reação às mudanças, fatores que também levam a uma restrição quanto ao espaço disponível.

C7 – Papel da ética e dos valores

Nem tudo que é acessível é aceitável dentro de alguns padrões éticos de comportamentos ou normas de uma determinada sociedade. Constitui-se, assim, mais uma restrição, quanto ao espaço acessível para o desenvolvimento.

C8 – Papel do tempo

Os processos dinâmicos trabalham no tempo. Por exemplo, quanto à introdução de uma nova tecnologia, existem diversas restrições com o que pode ser feito e em que velocidade uma tecnologia pode ser alterada, isto é, a taxa ou velocidade de mudança introduz uma restrição.

C9 – Papel da evolução

O desenvolvimento sustentável implica em uma mudança evolucionária auto-organizada e adaptativa constante. Quanto maior o número de diferentes alternativas inovadoras, melhor para o sistema, mais espaço avaliável. O espectro de diversidade dentro do sistema constitui, portanto, uma última restrição ao espaço avaliável.

Em termos gerais, para HARDI e ZDAN (1997), a idéia de sustentabilidade está ligada à persistência de certas características que as envolvem, dentro de um período de tempo longo ou indefinido.

Para atingir o progresso em direção à sustentabilidade, deve-se alcançar o bem-estar humano e dos ecossistemas; o progresso em cada uma dessas esferas não deve ser alcançado à custa da outra. Os autores reforçam a interdependência entre os dois sistemas.

HARDI e ZDAN (1997) afirmam que desenvolver significa expandir ou realizar as potencialidades, levando a um estágio maior, ou melhor, do sistema. O desenvolvimento deve ser qualitativo e quantitativo, o que diferencia da simples noção de crescimento econômico. O desenvolvimento sustentável, para HARDI e ZDAN (1997), não é um estado fixo, harmonioso; ao contrário, trata-se de um processo de evolução dinâmico. Essa idéia, segundo os autores, não é complicada, apenas mostra que algumas características do sistema devem ser preservadas para assegurar a continuidade da vida. Assim como Dalil, eles afirmam que o sistema é global e apenas um ator, como uma empresa ou comunidade, não pode ser

considerada sustentável em si mesmo; uma parte do sistema não pode ser considerada sustentável se outras não o são.

Em relação à questão temporal, um sistema somente pode ser declarado sustentável quando se observa o passado. Como afirmam COSTANZA e PATTEN (1995), um sistema sustentável é aquele que sobrevive ou persiste, mas só se pode constatar isso posteriormente. Assim, a definição do Relatório Brundtland é uma afirmação sobre as condições de sustentabilidade dos sistemas naturais e humanos e não se refere, especificamente, ao ponto onde eles devem chegar.

Algumas outras abordagens referem-se a aspectos particulares do sistema, considerados especialmente importantes para alcançar a sustentabilidade. Uma delas é o caminho natural (*natural step*) baseado no fato de que a natureza deve sobreviver independentemente da sua avaliação econômica (ROBERT et al, 1995). Segundo o mesmo autor, o sistema se fundamenta em quatro condições que devem ser atingidas. São elas:

- Condição 1: as substâncias na crosta terrestre não devem aumentar sistematicamente na ecossfera.
- Condição 2: as substâncias produzidas pela sociedade não devem aumentar sistematicamente na ecossfera.
- Condição 3: a base física para a produtividade e a diversidade da natureza não devem ser sistematicamente reduzidas.
- Condição 4: os recursos devem ser utilizados correta e eficientemente com relação ao alcance das necessidades humanas.

Segundo HARDI e BARG (1997), embora seja possível apontar a direção do desenvolvimento para que este seja “mais” sustentável, não é possível definir precisamente as condições de sustentabilidade de determinado desenvolvimento. O problema da definição, segundo eles, é que não se pode capturar de maneira detalhada ou precisa a dinâmica da sustentabilidade humana e natural.

Para RUTHERFORD (1997), o maior desafio do desenvolvimento sustentável é a compatibilização da análise com a síntese. O desafio de construir um desenvolvimento, dito sustentável, juntamente com indicadores que mostrem essa tendência, é compatibilizar o nível macro com o micro. O autor afirma que a evolução da ecossfera é resultado da interação, inclusive humana, de milhares de decisões de nível micro. É necessária uma abordagem

holística, se o objetivo é a compreensão mais clara do que seja um desenvolvimento ambientalmente sustentável e como se devem construir indicadores.

Um dos princípios que está por trás de qualquer política que promova o desenvolvimento sustentável é que o desenvolvimento implica, em menor ou maior grau, em alguma forma de degradação do meio ambiente (CAVALCANTI, 1997).

Para RUTHERFORD (1997), deve-se olhar para o problema sob diferentes perspectivas. Na sua opinião, as principais esferas são: econômica, ambiental e social.

Também para DAYL (1997), o conceito de sustentabilidade pode ser melhor entendido a partir das diversas dimensões. Cita, reiteradamente, o caso das sociedades ocidentais onde a dimensão econômica tem sido predominantemente utilizada.

Considerando a sustentabilidade como um conceito dinâmico que engloba um processo de mudança, SACHS (1997) diz que o conceito apresenta cinco dimensões de sustentabilidade: social, econômica, ecológica, geográfica e cultural. Muito embora existam diversas sugestões e controvérsias sobre as dimensões que se relacionam com a sustentabilidade, pode-se fazer uma análise inicial do conceito a partir da dimensão econômica. Para DALY (1994, 1992), a teoria econômica deve atender três objetivos: alocação, distribuição e escala. Em economia, as questões relativas as distribuição apresentam um tratamento consistente, tanto em termos teóricos, quanto em termos históricos; mas, a questão referente à escala ainda não é formalmente reconhecida e não conta com instrumentos políticos de execução.

A alocação se refere à dimensão relativa dos fluxos de recursos. Uma boa alocação é aquela que disponibiliza recurso em função das preferências individuais, pelas quais são avaliadas devido à habilidade de pagar utilizando-se do instrumento preço. A distribuição está relacionada à divisão dos recursos entre as pessoas. A escala se refere ao volume físico da matéria. A teoria econômica tem se abstraído da questão da escala, de duas maneiras opostas: de um lado assume que o meio ambiente é uma fonte de recursos infinita e, de outro, que ele constitui depósito de resíduos de tamanho infinito em relação à escala do subsistema econômico. A crise surge quando a economia, ou o subsistema econômico, cresce de tal modo que a demanda sobre o meio ambiente ultrapassa seus limites.

A sustentabilidade econômica abrange a alocação e distribuição eficiente de recursos naturais dentro de uma escala apropriada. O conceito de desenvolvimento sustentável, observado a partir da perspectiva econômica, segundo RUTHERFORD (1997), vê o mundo

em termos de estoques e fluxos de capital. Na verdade, essa visão não está restrita apenas ao convencional capital monetário ou econômico, mas está aberta à consideração de capitais de diferentes tipos, incluindo o ambiental, humano e o social.

Para os economistas, o problema da sustentabilidade se refere à manutenção do capital em todas as suas formas. RUTHERFORD (1997) diz que muitos economistas ressaltam a semelhança entre gestão de portfólios de investimentos e sustentabilidade, onde se procura maximizar o retorno, mantendo o capital constante. Na gestão das carteiras, é necessário mudar muitas vezes a proporção dos capitais invertidos. O investimento pode ser observado como estratégia para se obter lucros futuros. Os economistas, ao contrário dos ambientalistas, tendem a ser otimistas em relação à capacidade humana de se adaptar a novas realidades ou circunstâncias e de resolver problemas com sua capacidade técnica. No mundo econômico, para RUTHERFORD (1997), o único elemento imprevisível é a raça humana. Algumas linhas teóricas divergem um pouco dessa abordagem ao afirmarem que existe o interesse da manutenção do capital total e que as variações que ocorrem dentro das diferentes categorias de capital podem ser compensadas por outro tipo de capital. Esse fato remete à discussão sobre os graus de sustentabilidade de PEARCE (1993).

Os economistas se aproximam das questões relativas à sociedade e ao meio ambiente pela discussão dos conceitos de sustentabilidade forte e fraca (FEARNIDE, 1997). Ambas baseiam-se na necessidade de preservação do capital natural para as futuras gerações. Esse capital é constituído pela base de recursos naturais renováveis e não renováveis, pela biodiversidade e pela capacidade de absorção de dejetos dos ecossistemas.

Dentro do conceito de sustentabilidade forte, os níveis de recursos devem ser mantidos e não reduzidos; no conceito de sustentabilidade fraca se admite a troca entre os diferentes tipos de capitais, na medida em que se mantenha constante o seu estoque (TURNER et al 1993). Segundo HARDI e BARG (1997), essas abordagens partem da premissa de que o capital natural não deve ser tratado independentemente do sistema todo, mas como parte integrante do mesmo. Na abordagem de MACNELL (1997), a integração entre ambiente e a economia deve ser atingida dentro de um processo decisório e dentro dos diferentes setores, como governo, indústria e ambiente doméstico, se o desejo é alcançar a sustentabilidade.

Em resposta às críticas constantes dos ambientalistas, que afirmam que os economistas utilizam sistemas de contas incompletas e que desconsideravam ou consideravam indevidamente o capital natural, os economistas desenvolveram novos sistemas expandidos de contas para os sistemas nacionais.

Também dentro da dimensão econômica, BARTELMUS (1995) discute a sustentabilidade a partir da contabilidade. Para ele a contabilidade é pré-requisito para a gestão racional do meio ambiente e da economia. O autor faz uma crítica dos meios convencionais de contabilidade na área financeira que procuram medir a riqueza de um país, e mostra os modelos que vêm sendo utilizados para ajustes de contas. Os meios tradicionais para medir custo e capitais e os sistemas nacionais de contas têm falhado por negligenciar, por um lado a escassez provocada pela utilização de recursos naturais, que prejudica a produção sustentável da economia e, por outro, a degradação da qualidade ambiental e as conseqüências que ela tem sobre a saúde e o bem-estar humanos. Adicionem-se também os gastos realizados para a manutenção da qualidade ambiental, contabilizados como incremento nas receitas e produtos nacionais, despesas estas que poderiam ser considerados custos de manutenção da sociedade.

Para BARTELMUS (1993), sistemas de contas integradas podem ser utilizados para avaliar dois aspectos da política econômica: a sustentabilidade do crescimento econômico e a distorção estrutural da economia provocada pela produção e padrões de consumo doentes.

A elaboração de políticas macro econômicas deve orientar o processo de desenvolvimento para um padrão sustentável pela internalização dos custos nos orçamentos de consumo doméstico e de empreendimentos. BARTELMUS coloca a necessidade de suplantarem os modelos tradicionais, que medem o crescimento e desempenho da economia por indicadores que incorporem a variável ambiental. Ele considera necessária uma análise mais detalhada da sustentabilidade, em relação ao consumo e à produção, bem como seus efeitos sobre o progresso técnico, a substituição de bens e serviços e os desastres naturais.

BARTELMUS (1995) revela que os mecanismos de comando e controle são ineficientes na proteção ambiental e na conservação de recursos naturais e que a aplicação de instrumentos de mercado pode se dar por taxas sobre efluentes emitidos, comércio de poluição, entre outros. Esses instrumentos procuram internalizar elementos externos da economia de modo a prover uma ótima alocação de recursos escassos. Sistemas de contabilidade integrada podem fornecer ajuda para esses instrumentos para medir o nível apropriado dos incentivos fiscais (subsídios) ou desincentivos (taxas).

Para BARTELMUS, as valorações monetária e econômica alcançam seus limites quando se afastam dos resultados das atividades e dos processos humanos. A equidade, as aspirações culturais e a estabilidade política são elementos difíceis de quantificar, mesmo em termos físicos e, virtualmente, impossíveis de reduzir em termos monetários; para ele, um

conceito de desenvolvimento deve considerar todos esses aspectos. O foco político da valoração monetária do crescimento econômico é muito criticado por defensores de um tipo de desenvolvimento multiorientado. Existe uma crescente percepção de que é necessário considerar no planejamento, nas políticas e nas ações de longo prazo, aspectos não monetários, demográficos, sociais e ambientais, para realmente se alcançar a sustentabilidade.

DAHL (1997) critica a linha teórica que advoga a manutenção do capital total, que considera o capital natural substituível pelo capital intelectual. Ele critica a utilização da monetarização pura e a criação e utilização de indicadores únicos; argumenta que o mercado não atende a todas as necessidades humanas e sociais. Faz um alerta sobre a importância das dimensões sociais no conceito de sustentabilidade e da necessidade de utilização dos indicadores relativos a aspectos sociais como educação, sociedade civil e outros, quando se pretende avaliar o desenvolvimento sustentável.

Na sustentabilidade, observada na perspectiva social, a ênfase é dada à presença do ser humano na ecosfera. A preocupação maior é com o bem-estar humano, a condição humana e os meios utilizados para aumentar a qualidade da vida dessa condição.

RUTHERFORD (1997) utilizando um raciocínio econômico argumenta que se deve preservar o capital social e humano e que o aumento desse montante de capital deve gerar dividendos. Claramente, como já foi amplamente discutido, o conceito de bem-estar não é fácil de construir nem medir. A questão da riqueza é importante, porém é apenas parte de um quadro geral da sustentabilidade.

O acesso a serviços básicos como água limpa e tratada, ar puro, serviços médicos, proteção, segurança e educação pode estar ou não relacionado com os rendimentos ou riqueza da sociedade.

Para SACHS (1997), a sustentabilidade social refere-se a um processo de desenvolvimento que leve a um crescimento estável com distribuição equitativa da renda; gera, com isso, a diminuição das atuais diferenças entre os diversos níveis da sociedade e a melhoria das condições de vida das populações.

Sustentabilidade ecológica significa ampliar a capacidade do planeta pela utilização do potencial encontrado nos diversos ecossistemas, ao mesmo tempo em que se mantém a sua deterioração em um mínimo nível.

Deve-se reduzir a utilização de combustíveis fósseis e a emissão de substâncias poluentes, como também, adotar políticas de conservação de energia e recursos, substituir

recursos não-renováveis por renováveis e aumentar a eficiência em relação aos recursos utilizados (SACHS, 1997).

A sustentabilidade geográfica pode ser atingida por meio de uma melhor distribuição dos assentamentos humanos e das atividades econômicas. Deve-se procurar uma configuração rural-urbana mais adequada para proteger a diversidade biológica, ao mesmo tempo em que se melhore a qualidade de vida das pessoas.

Por último, a sustentabilidade cultural, a mais difícil de ser concretizada segundo SACHS (1997), está relacionada ao caminho da modernização sem o rompimento da identidade cultural dentro de contextos espaciais específicos. Para SACHS (1997), o conceito de desenvolvimento sustentável refere-se a uma concepção dos limites e do reconhecimento das fragilidades do planeta; enfoca, simultaneamente, o problema socioeconômico e da satisfação das necessidades básicas das populações. Embora o ponto de partida das diversas abordagens seja distinto, existe um reconhecimento de que há um espaço de interconexão ou interseção entre essas diferentes dimensões.

Alcançar o progresso em direção à sustentabilidade é, claramente, uma escolha da sociedade, das organizações, das comunidades e dos indivíduos. Como abrange diversas escolhas, a mudança só é possível se existir grande envolvimento da sociedade.

Em resumo, o desenvolvimento sustentável, obriga a sociedade a pensar em termos de longo prazo e reconhecer o seu lugar dentro da biosfera. O conceito fornece uma nova perspectiva de se observar o mundo, que a tem mostrado ser o estado atual da atividade humana inadequado para preencher as necessidades vigentes, além de ameaçar seriamente a perspectiva das gerações futuras.

Os objetivos do desenvolvimento sustentável desafiam as instituições contemporâneas. Elas têm regido às mudanças globais relutando em reconhecer que esse processo esteja realmente ocorrendo. As diferenças em relação ao conceito de desenvolvimento sustentável são tão grandes que não existe um consenso sobre como medir a sustentabilidade. Infelizmente, para a maioria dos autores anteriormente citados, não se tem uma definição operacional minimamente aceita.

Todas as definições e ferramentas relacionadas à sustentabilidade devem considerar o fato de que não se conhece totalmente como o sistema opera; pode-se apenas descobrir impactos ambientais decorrentes de atividades e a interação como o bem-estar humano, com a economia e o meio-ambiente. Em geral, sabe-se que o sistema interage entre diferentes

dimensões, mas não se conhece especificamente o impacto dessas interações. Todos os aspectos apresentados mostram a diversidade e a complexidade do termo desenvolvimento sustentável.

Apesar da dificuldade que essas características conferem ao estudo do desenvolvimento sustentável, a diversidade desse conceito deve servir não como obstáculo para a procura de seu melhor entendimento, mas como fator de motivação e de criação de novas visões sobre ferramentas que descrevam a sustentabilidade.

2.2. LOGÍSTICA REVERSA

A alta competição entre as empresas e a busca constante do aumento na eficiência nos processos de gestão da produção, tem caracterizado o ambiente empresarial atual.

Dentre os inúmeros processos presentes em uma empresa, destaca-se a logística empresarial, a qual está orientada para assegurar a entrega do produto fabricado de maneira correta, no lugar certo, no instante desejado e ao menor custo possível. Em muitos setores, a logística tem recebido maior atenção, principalmente, em virtude da globalização dos mercados consumidores e da pressão por redução dos custos de distribuição.

O cliente, por sua vez, está inserido na cultura do consumo, no qual é orientado pelo ciclo “compre-use-disponha”. Essa cultura demonstra-se insustentável, perecível e inadequada para perpetuação das condições atuais de sobrevivência da sociedade contemporânea, uma vez que estimula a crescente fabricação de novos produtos, em detrimento da reutilização e do reaproveitamento de subprodutos ou de resíduos.

Assim observa-se que as ações de incentivo ao consumo não são planejadas com visão sistêmica, uma vez que produtos inservíveis não têm suas opções de reaproveitamento estruturadas, restando, apenas, a disposição em aterros como solução para o descarte dos mesmos.

Neste cenário, a logística reversa, ou mais precisamente a implantação de sistemas de logística reversa ganha importância, na cadeia de suprimentos. A estruturação dos canais reversos é um caminho para se dar novo uso a estes produtos, por meio de um novo emprego ou de uma transformação por beneficiamento industrial, em outros produtos úteis.

Sendo assim, a logística reversa possui uma grande interface com o desenvolvimento sustentável, uma vez que a mobilização das cadeias reversas permite o reaproveitamento de

produtos obsoletos, subprodutos e resíduos, diminuindo os volumes de descartados no meio ambiente e a extração de novos recursos naturais. Ela apresenta, ainda, outra característica favorável, já que o surgimento de novos negócios promove também o desenvolvimento social, além de permitir retornos financeiros para as empresas envolvidas nas cadeias reservas.

Particularmente na Indústria da Construção, os sistemas de logística reversa têm por objetivo desenvolver cadeias reversas para o reaproveitamento dos produtos e dos resíduos originados nos processos produtivos e estabelecer, nos agentes que nela atuam, o censo de responsabilidade por todo o ciclo de vida do produto.

Esta postura deve ser compartilhada, não somente pelas construtoras, mas, principalmente, pelas fornecedoras de materiais, por estarem estas em um ambiente industrial, onde há menores variabilidades de processo. Assim, estas empresas podem se tornar propulsoras da implantação deste conceito em toda a cadeia produtiva da construção.

Na presente pesquisa, pressupõe-se que os fluxos reversos de produtos, ou seja, os provenientes do ponto de consumo, não têm recebido a devida atenção por parte das empresas atuantes na Indústria da Construção, assim como não o têm as iniciativas de reaproveitamento de resíduos industriais.

Desta forma, o estado da logística reversa revela-se uma das condições iniciais para implantar o correto gerenciamento destes fluxos. Considera-se a logística reversa como o processo de planejamento, implementação e controle eficiente de fluxos de matérias-primas, de inventários de processos, estoques, bens finalizados, incluindo subprodutos e resíduos, custos de informações relativas a eles, do ponto de consumo para o ponto de origem ou ainda para outro ponto de reaproveitamento, que se mostre mais viável, levando em consideração os requisitos técnico-sócio-econômicos, sem significar, necessariamente, a transferência de responsabilidade pelos produtos.

Segundo LEITE (2003), o seu estudo justifica-se e torna-se importante, em qualquer segmento produtivo, devido aos seguintes fatores:

- O aumento da velocidade de lançamento de produtos e a diminuição do tempo de vida útil destes devido, principalmente, a freqüentes atualizações tecnológicas e de desenho industrial, causam um desequilíbrio entre o montante produzido, o montante consumido e aquele que efetivamente consegue ser absorvido pelo meio ambiente;

- O oferecimento de um melhor nível de serviço ao cliente, seja ele usuário final ou empresa, pode proporcionar maior capacidade competitiva às empresas. Este nível de serviço pode ser aumentado ao se ofertar soluções de disposição de resíduos aos clientes;
- A maior conscientização ambiental dos clientes em relação ao consumo de produtos e serviços, denominados “ambientalmente corretos”, exerce pressões sobre as empresas, graças à preferência de compra de produtos com estes atributos;
- As legislações estão se tornando mais severas em relação aos impactos ambientais de produtos e resíduos e ao consumo de recursos naturais, tanto renováveis como não renováveis.
- Crescente preocupação das empresas com a imagem corporativa, que se beneficiam ao incorporarem os princípios da sustentabilidade às suas práticas;
- A reutilização de máquinas e componentes em diversos “ciclos” de produção e entrega, como gaiolas metálicas, maquinário alugado por tempo determinado, etc., exigindo que atividades de logística sejam planejadas para que os retornos dos produtos proporcione eficiência na operação e diminuição de custos de distribuição.

Reproduzindo-se estas diretrizes para a indústria da construção, reitera-se a relevância do estudo em virtude:

- Geração de resíduos: embora não tenha sido verificada uma diminuição no tempo de vida útil dos componentes utilizados na construção, os processos industriais da cadeia produtiva geram resíduos industriais de características diversas e em grande volume e massa, os quais causam expressivos impactos ambientais;
- De outro lado, já se observa o aumento da velocidade de lançamentos de certos produtos e a diminuição do tempo de vida útil destes, quanto a aspectos como modelo de produtos de acabamento de banheiros e cozinhas, sujeitos a reformas, antes mesmo que os produtos e sistemas implantados tenham atingido o limite de sua vida útil;

- Das constantes adaptações que as construções sofrem devido à necessidade de flexibilidade no uso dos espaços comerciais e habitacionais;
- Das atividades de logística reversa, já existentes na cadeia por se configurarem através de iniciativas isoladas, e não possuírem o grau de organização necessário para serem reproduzidas e ampliadas;
- Do desenvolvimento sustentável do ambiente construído ser condição primordial para a sustentabilidade do planeta;
- De começarem a existir legislações mais severas em relação aos impactos ambientais causados pela indústria da construção;
- Da possibilidade de se aumentar o nível de serviço ao cliente;
- Da crescente preocupação das empresas com a imagem corporativa, como por exemplo, a possibilidade de atender a requisitos para a certificação segundo, a NBR ISO 14001;
- Do fato da retirada de equipamentos de transporte como guias e elevadores requererem atividades de logística reversa.

Portanto, faz-se necessária uma abordagem sistêmica dos fatores que influenciam estes fluxos reversos de produtos, identificando-se os obstáculos e dificuldades a serem transpostos para a consecução de um sistema logístico reverso aplicado à indústria da construção.

Entendemos a LR como uma área da logística empresarial, e esta como um campo de estudo inserido na gestão da cadeia de suprimentos. A logística empresarial revela-se como um fator essencialmente influenciador das relações comerciais entre as empresas da cadeia sendo, portanto, determinante de sua competitividade como um todo e de cada agente em particular.

O estudo da LE adquiriu maior interesse a partir da década de 50, quando a expansão dos mercados consumidores promoveu maior preocupação com a distribuição física de bens. Antes deste período, as atividades inerentes à logística estavam fragmentadas sob a responsabilidade de diversos departamentos dentro de uma organização (BALLOU, 1993).

De acordo com BALLOU (1993), a partir da década de 80, a logística empresarial consolidou-se como um campo de estudo mais amplo, com ênfase não somente na distribuição física como também na administração de materiais. De modo geral, para entregar produtos de maneira correta, no lugar certo e no instante desejado, era preciso, maior

eficiência, receber matérias-primas com estes mesmos atributos, além de coordenar os fluxos dentro dos processos inerentes à produção.

Conceitualmente, segundo BALLOU (1993), a logística empresarial,

Trata de todas as atividades de movimentação e armazenagem que facilitam o fluxo de produtos e informações desde o ponto de aquisição de matéria-prima até o ponto de consumo final, assim como de fluxos de informações que colocam os produtos em movimento com o propósito de providenciar níveis de serviços adequados aos clientes a um custo razoável.

Esta definição chama a atenção para três aspectos muito importante da logística, que vão além do fluxo de produtos: (1) fluxo de informação; (2) o nível de serviços; (3) e o custo. Estes aspectos são interdependentes e a ineficiência em qualquer um dos processos deles decorrentes pode determinar um desempenho inferior de toda a cadeia logística.

É importante ressaltar, ainda, que o fluxo de produtos diz respeito a todas as atividades presentes no processo de produção da empresa, incluindo tanto a administração de materiais, responsável pelas “entradas” do processo de produção, os fluxos da produção propriamente dita, dentro da “fábrica”, como também a distribuição física de produtos, “saídas” do processo de produção.

A importância econômica e mercadológica, devido, respectivamente, aos custos envolvidos e às estratégias competitivas praticadas, determinou, por alguns anos, o foco da LE na melhoria da eficiência dos canais de distribuição, também chamados de “canais de distribuição diretos”. Estes canais são constituídos pelas diversas etapas pelas quais os bens produzidos são comercializados até chegar ao consumidor final, seja uma empresa ou uma pessoa física (KOTLER, 2000).

Para a abordagem logística na IC, assim como em qualquer outro setor, deve-se considerar os aspectos inerentes a ele, de forma a subsidiar uma implementação adequada de suas ferramentas e constituir assim um sistema logístico.

Segundo SILVA e CARDOSO (1997), a logística nas indústrias de construção consiste no:

Conjunto das atividades de planejamento e gestão dos fluxos físicos de produção através dos fluxos de informação e as atividades de transportes e suprimento dos recursos de diferentes tipos (humano, materiais, equipamentos, etc.). E ainda, denomina-se por sistemas logísticos na indústria da construção, “o conjunto de operações organizadas e relacionadas entre si, para um determinado empreendimento ou empresa, de gestão de

fluxos físicos e de informação no âmbito do canteiro, de atividades de transporte e de suprimento de recursos materiais e humanos.

CARDOSO (1996) apresenta uma subdivisão para a logística aplicável às empresas construtoras. Segundo esta subdivisão, a logística pode ser aplicada em dois momentos distintos. O primeiro, antes de chegar ao ambiente de produção, o canteiro de obras, trata-se da logística de suprimento da obra, equivalente às atividades de administração de materiais da indústria. Em um segundo momento, temos a logística “interna” isto é, a que ocorre dentro do ambiente de produção, denominada no meio técnico e acadêmico de logística do canteiro de obras. Esta visa gerenciar as atividades de movimentação dentro do canteiro de obras.

De acordo com SILVA (2000):

A logística de suprimentos é aquela relacionada com o transporte e suprimento dos recursos de todos os tipos susceptíveis de serem deslocados (mão de obra, materiais, equipamentos) necessários à produção. As tarefas mais importantes dessa função compreendem: emissão e transmissão de pedidos de compra, transporte dos recursos até a obra e manutenção dos suprimentos previstos no planejamento.

O mesmo autor define:

A logística de canteiro é aquela relacionada com o planejamento e gestão dos fluxos físicos e dos fluxos de informações associados à execução de atividades no canteiro de obras. As principais tarefas da logística de canteiro são: gestão dos fluxos físicos ligados à execução, ou seja, o conhecimento das datas de início e término dos serviços, os detalhes dos fluxos que serão feitos durante a execução dos serviços, os mecanismos de controles de serviços; a gestão da interface entre os agentes que interagem no processo de produção, as informações que são necessárias para que estes exerçam suas atividades dentro de padrões pré-estabelecidos, a resolução de interferências entre os serviços; a gestão física da praça de trabalho, incluindo a implantação do canteiro, os sistemas de transporte, zonas de estocagem e pré-fabricação e os requisitos de segurança no canteiro.

A respeito dos fluxos físicos do canteiro de obras têm-se os trabalhos de CARDOSO (1996), SILVA e CARDOSO (2000), CALDAS e SOIBELMAN (2001), e CRUZ (2000), entre outros, sendo, portanto uma área que já é objeto de estudo há algum tempo.

O foco das análises pretendido está sobre um ponto de vista mais amplo, o da cadeia produtiva. Abordar-se aqui a cadeia produtiva como um todo e não um ou outro papel dos agentes. Acreditamos que o gerenciamento da cadeia de suprimentos, conceito que engloba a logística empresarial e, por consequência a logística reversa, somente pode ser atingido de forma eficiente se houver uma ação conjunta e integrada entre todos os agentes da cadeia

produtiva da construção. Até bem pouco tempo atrás, o foco da logística empresarial fixava-se nos canais diretos de distribuição. Os fluxos de bens e informação decorrentes do ponto consumo para o ponto de aquisição de matérias-primas (ou ponto de origem), chamados de fluxos reversos, não recebiam a devida atenção, pois se tratava de volume que representava apenas uma fração do total de distribuição direta (LEITE, 2003). No entanto, recentemente, a logística reversa tem sido vista como potencial fonte de diferencial competitivo para as empresas.

De acordo com STOCK (2001), “atributos como qualidade de produto, preços competitivos, ciclos de produção consistentes, entregas em tempo certo e baixa taxa de erros, são e irão continuar sendo o futuro muito importante para a cadeia de suprimentos”. Entretanto, atualmente estes atributos têm se traduzido em uma oferta padrão para os clientes, passando de características “ganhadoras do pedido” para “qualificadoras de produtos”. Quando uma empresa atinge um padrão aceitável nestes atributos, outros fatores tornam-se diferenciadores para a decisão de aquisição do cliente. Um deles é a logística reversa.

Segundo o CSCMP – *Council of Supply Chain Management Professionals* (antigo *Council of Logistics Management – CLM*) (2004) a logística reversa é uma das partes da logística empresarial, que por sua vez faz parte do gerenciamento da cadeia de suprimentos, também chamado de *Supply Chain Management*. Esta instituição afirma que a logística:

É uma parte do processo de gestão da cadeia de suprimentos que planeja, implementa e controla o fluxo direto e reverso e a armazenagem eficiente e eficaz de bens, serviços e informações relacionadas, do seu ponto de origem até o seu ponto de consumo, de maneira a satisfazer as necessidades dos clientes.

FOPICKI (1993) define que a

Logística reversa é um termo amplo que se refere ao gerenciamento logístico e à disposição de resíduos perigosos e não perigosos de embalagens e produtos. Ela compreende habilidades gerenciais e ações relacionadas à redução, gerenciamento e descarte de resíduos.

Para REVLOG (1999), a logística reversa é o processo de planejamento, implementação e controle dos fluxos de matérias-primas, de inventário em processo e bens acabados, do ponto de descarte adequado.

ROGERS E TIBBEU-LEMBKE (1999) definiram a logística reversa como:

O processo de planejamento, implementação e controle eficiente, inclusive de custos, dos fluxos de matérias-primas, de inventários em processo (estoques), bens finalizados e informações relativas a eles, do ponto de consumo para o ponto de origem com o propósito de recapturar ou criar valor ou ainda descarte adequado.

Encontram-se também definições ligadas a questões ambientais, tal como a de STOCK (1998), para quem a logística reversa é um

Termo utilizado para referir-se à logística na reciclagem, descarte e gerenciamento de materiais contaminantes, que numa perspectiva mais ampla, inclui atividades logísticas de redução de emissão, reciclagem substituição, reutilização de materiais e descarte.

Já outro autor, FEISCHMANN (2002), ressalta a necessidade de se recuperar o valor dos bens, produtos ou resíduos, visto ser esta a motivação para a comercialização dos mesmos. Ele define a logística reversa como:

O processo de planejamento, implementação e controle eficiente e eficaz do fluxo de entradas e armazenagem de materiais secundários e informações relacionadas, oposto ao sentido tradicional da cadeia de suprimentos, com o propósito de recuperar valor ou descartar corretamente materiais.

Idéia semelhante é compartilhada por LEITE (2003).

Apesar de ser um conceito recente e ainda em evolução, LEITE (2003) define a logística reversa como uma área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio de canais de distribuição reversos, agregando valor de diversas naturezas: ecológico, econômico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros.

Em todas as definições apresentadas percebe-se certa unanimidade na afirmação de que a logística, seja ela direta ou reversa, consiste em um processo de bens e informações, relacionadas a um fluxo. Entretanto, as definições internacionais comumente mencionam que o fluxo reverso consiste no retorno de materiais do ponto de consumo para o ponto de origem.

Isto ocorre porque em outros países, principalmente os europeus, a responsabilidade sobre resíduos de um produto, que consiste em um tipo de fluxo reverso, retorna até a fábrica onde foi produzido o produto, para então serem corretamente reaproveitados ou descartados.

No entanto, existem situações em que o fluxo de produtos não necessariamente precisa retornar ao ponto de origem, ou seja, de fabricação, para ser reaproveitado. Muito pelo contrário, por vezes, este retorno ao ponto de origem, gera altos custos logísticos, suficientes,

na maioria dos casos, para inviabilizar, economicamente, os programas de logística reversa. Em outras vezes, o reaproveitamento mostra-se mais vantajoso se o fluxo for direcionado para outra cadeia produtiva, antes de chegar ao ponto de origem. Portanto, apesar de concordar-se que este fluxo ocorre no sentido oposto ao da logística direta (também chamada de tradicional), ele possivelmente terá a viabilidade do seu reaproveitamento potencializada se não voltar à origem.

Por fim, acredita-se que o grande objetivo da logística reversa, como conceito, é recapturar e agregar valor aos produtos descartados, tendo como última opção a descarte adequado.

Conclui-se como a melhor definição de logística reversa, para os propósitos desta pesquisa a de:

Logística reversa é o processo de planejamento, implementação e controle eficiente, de fluxos de matéria-prima em processo, estoques, bens finalizados, custos e informações relativas a eles, do ponto de consumo para o ponto de origem, ou ainda para outro ponto de reaproveitamento, que se mostre mais viável, com o propósito de recapturar valor, criar valor ou ainda dar disposição adequada, levando em consideração os requisitos técnicos, sociais e econômicos, sem significar necessariamente a transferência de responsabilidade pelos fluxos.

Quando a preocupação com o fluxo reverso de uma determinada empresa é estendida para seus fornecedores primários e secundários, para seus distribuidores e clientes, até o consumidor final, é construída uma cadeia de suprimentos reversa. Os fluxos reversos podem ter diversas origens como obsolescência tecnológica, defeitos, fim de vida útil e consignação, entre outros. Para sistematizar o estudo classifica-se os fluxos em dois grupos: os fluxos reversos de pós-venda e pós-consumo.

Assim, cada tipo de fluxo tem seus próprios meios de retorno ao ciclo produtivo possuindo, portanto, específicos canais de distribuição reversos (CDR).

Segundo LEITE (2003):

Os CDR têm por objetivo retornar uma parcela dos produtos ao ciclo produtivo e/ou de negócios, revalorizando o produto para mercados secundários, seja através do reuso ou da reciclagem, de forma a prolongar a vida útil ou mesmo iniciar um novo ciclo de vida útil (quando parte de um novo produto-reciclagem de parte). Para uma abordagem holística, optou-se por definir dois canais reversos distintos, de acordo com sua origem na cadeia reversa. Portanto, os CDR podem ser de pós-venda – CDR-PV ou de pós-consumo – CDR-PC.

Lembra LEITE (2003) que,

Os canais de distribuição reversos de pós-venda CDR-PV são constituídos pelas diferentes formas e possibilidades de retorno de uma parcela de produtos, com pouco ou nenhum uso, que fluem no sentido inverso, do consumidor ao varejista ou ao fabricante, do varejista ao fabricante, entre as empresas, motivados por problemas relacionados à qualidade em geral ou a processos comerciais entre empresas, retornando ao ciclo de negócios de alguma maneira.

Conseqüentemente, a logística reversa de pós-venda,

É a específica área de atuação que se ocupa do equacionamento e operacionalização do fluxo físico e das informações logísticas correspondentes de bens de pós-venda, que se movimentam através dos CDR-PV. Seu objetivo estratégico é agregar valor a um produto logístico que é devolvido por razões comerciais, erros de processamento de pedidos, avarias no transporte, entre outros motivos, os quais são agrupados nas classificações: garantia comercial e substituição de componentes, (LEITE, 2003).

Já os canais de distribuição reversos de pós-consumo – CDR-PC, constituem as diferentes formas de processamento e de comercialização dos produtos de pós-consumo ou de seus materiais constituintes, desde sua coleta até sua reintegração ao ciclo produtivo como matéria-prima secundária (LEITE, 2003).

A logística reversa de pós-consumo é segundo LEITE (2003),

A específica área de atuação que equaciona e operacionaliza igualmente o fluxo físico e das informações correspondentes de bens de pós-consumo, descartados pela sociedade em geral, que retornam ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo por meio de canais de distribuição reversos específicos. Seu objetivo estratégico é agregar valor a um produto logístico constituído por bens inservíveis ao proprietário original. Estes produtos de pós-consumo poderão se originar de bens duráveis ou descartáveis e fluir por canais reversos de reuso, desmanche e reciclagem até a destinação final.

O referido autor explica também que os CDR-PC podem, ainda, ser sub-classificados em duas categorias: os CDR-PC de Ciclo Aberto e de Ciclo Fechado.

Os CDR-PC de ciclo aberto referem-se às diversas etapas de retorno dos materiais constituintes dos produtos de pós-consumo, extraídos de diferentes produtos de pós-consumo, visando substituir matérias-primas novas na fabricação de diferentes tipos de produtos, como ocorre com os produtos de pós-consumo em ferro e aço.

Neste tipo de CDR-PC observa-se o desenvolvimento de uma nova cadeia, chamada de “alternativa” ou “complementar”, uma vez que ela constitui-se em uma alternativa de reaproveitamento e complementa a cadeia original na sua função de co-responsabilidade pelos resíduos gerados na atividade industrial original.

A figura 5 ilustra os fluxos e agentes dos canais de distribuição de pós-consumo de ciclo aberto.

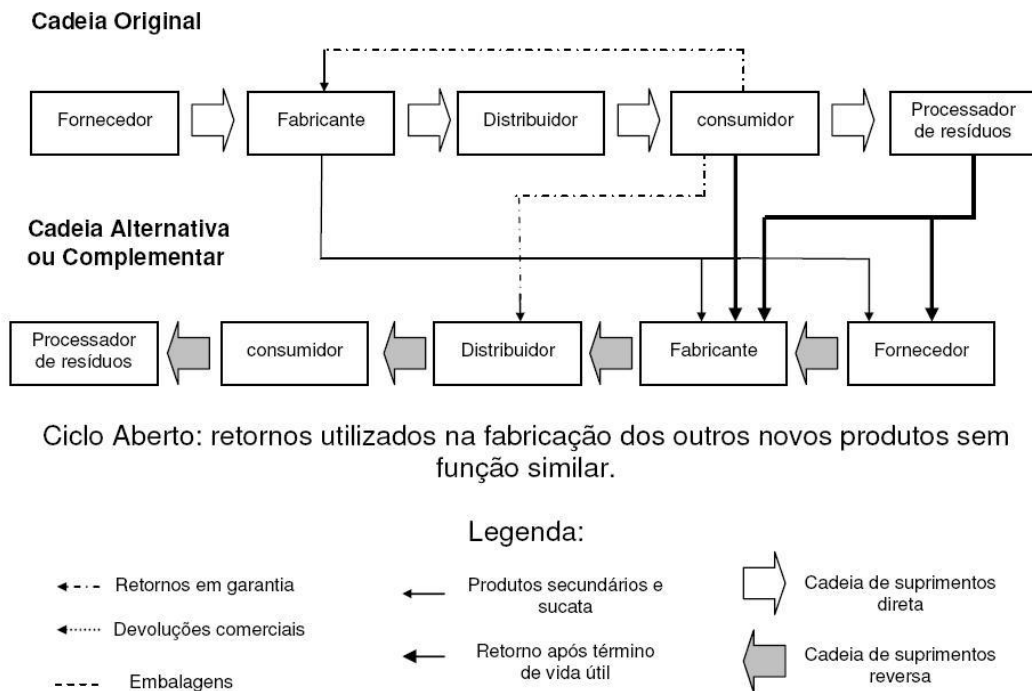


Figura 5 Fluxos e agentes que compõem os canais de distribuição de pós-consumo (CDR-PC) de ciclo aberto.

Fonte: FLEISCHMANN, 2001

Já os CDR-PC de ciclo fechado (figura 6) referem-se ao retorno de produtos de pós-consumo, advindos de uma extração seletiva dos materiais deste produto, com o objetivo de empregá-los na fabricação de produtos similares ao de origem (por exemplo, os produtos de pós-consumo de latas de alumínio).

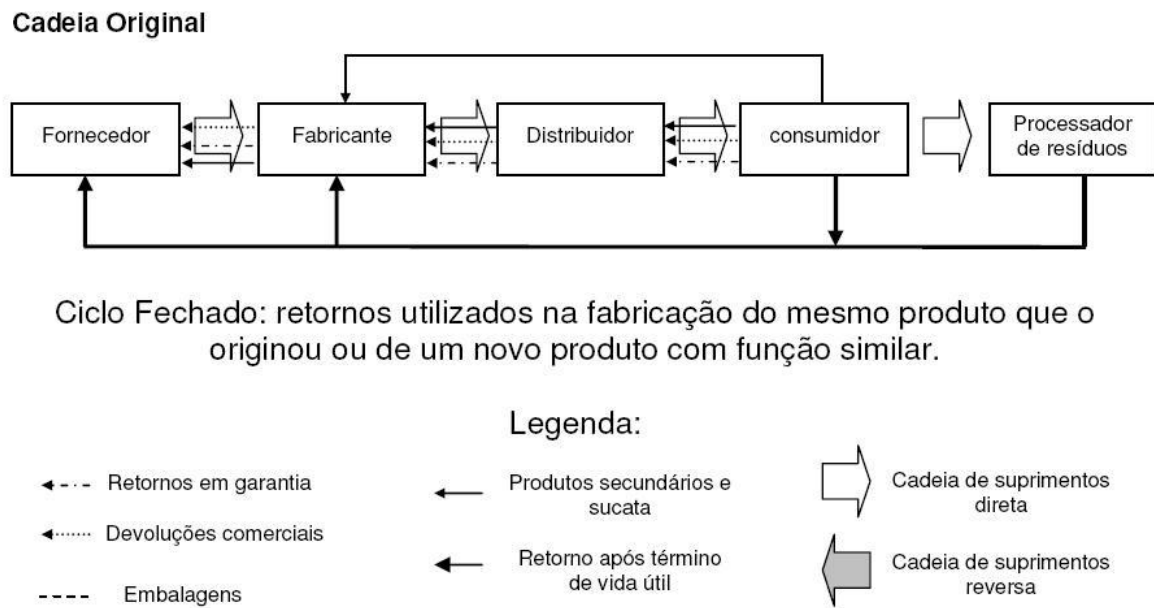


Figura 6 - Fluxos e agentes que compõem os canais de distribuição de pós-consumo (CDR-PC) de ciclo fechado

Fonte: FLEISCHMANN, 2001

O REVLOG (1999) classifica ainda os CDR-PC de ciclo fechado em: Físico e Funcional. Segundo este grupo, o ciclo fechado (*closed loop*) é a seqüência de atividades logísticas do ponto de uso para o ponto de reuso, no qual o usuário do resíduo é o fabricante original (ciclo fechado físico), ou alguém que usa o produto com sua funcionalidade original (ciclo fechado funcional).

As opções de destinação de resíduos podem ser classificadas em duas categorias:

- a) Destinação com reaproveitamento de materiais ou componentes
- b) Destinação sem reaproveitamento de materiais ou componentes

O termo reaproveitamento designa um conjunto de possibilidades de uso de resíduos, sejam eles materiais, componentes ou energia.

Os processos de aproveitamento de resíduos dão origem à CDR específicos. Se a redução da geração do resíduo não é possível, estes processos, de acordo com STEVEN (2004) podem ser hierarquizados na seguinte ordem: reuso remanufatura, reciclagem, disposição com recuperação de energia, disposição em aterro.

Esta hierarquia vem sendo aceita pelas principais legislações relativas a resíduos, mas JOHN (2000) afirma que:

Esta hierarquia é questionável, uma vez que a melhor alternativa é, por definição, aquela de menor impacto ambiental e é perfeitamente possível imaginar que existam situações onde a redução do volume de resíduos pode resultar em um impacto ambiental maior do que o benefício obtido.

De acordo com o autor, a escolha por uma destinação adequada precisa ser escolhida pelo melhor desempenho ambiental obtido através de, por exemplo, uma análise de ciclo de vida.

A destinação com reaproveitamento de materiais /componentes permite determinar diferentes tipos de CDR de acordo com o processo de reaproveitamento, a saber:

- a) CDR - Reuso: utilização de um resíduo para diversos propósitos, sem a necessidade de sofrer beneficiamento industrial. Inclui as opções de canibalização da demanda¹, canibalização de componentes², e *upgrading*³ (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1988; STEVEN, 2004);
- b) CDR – Remanufatura: processo industrial no qual um resíduo, geralmente um componente danificado é recuperado para estado “como novo”. (REVLOG, 1999). Inclui processos de reforma⁴ e remanufatura⁵ propriamente ditas;
- c) CDR – Reciclagem: utilização de um resíduo por meio de beneficiamento industrial, responsável por retirar algo de valor intrínseco ao produto e tornar os resíduos em matéria-prima ou produtos para a mesma aplicação que o originou ou para uma nova aplicação.
- d) CDR- Incineração com recuperação de energia: “processo no qual um produto ou componentes é queimado (incinerado) para recapturar sua energia”

¹ Canibalização da demanda: redução de vendas em um canal “A” para venda em mercados secundários (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1988), mesmo que o produto não apresente defeito;

² Canibalização de componentes: processo no qual “partes ou componentes são retirados de um item e usados para reparar ou reconstruir outra unidade do mesmo produto”. (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1988),

³ *Upgrading*: “processo no qual um produto ou componente é atualizado com novos padrões de tecnologia”. (REVLOG, 2005).

⁴ Reforma: “processo no qual um produto é limpo e reparado, para retorná-lo para um estado como novo”. (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1988),

⁵ Remanufatura: processo industrial no qual um produto/componente danificado é recuperado para uma condição “como novo”, passando por uma série de processos industriais, como desmontagem, substituição de partes antigas por partes novas e montagem (REVLOG, 2005).

(REVLOG, 2005). Como consequência, a mineração reduz o volume do resíduo e ocupa menor capacidade no aterro (STEVEN, 2004).

Segundo STEVEN (2004), os processos de reaproveitamento podem ainda ser classificados de acordo com o nível de recuperação que desenvolvem. São três os níveis de recuperação, a saber: nível de produto, nível de componente e nível de material.

Deve-se, portanto considerar os diferentes tipos de CDR como uma gama de opções não hierarquizada, e não excludente.

John (2000) lembra que,

Como um resíduo é algo bastante heterogêneo em função, tanto de sua origem, quanto em função das contaminações no processo de geração e manuseio, é muitas vezes muito mais lógico adotar, para diferentes frações, diferentes objetivos. Portanto, os CDR podem ainda congregam diferentes processos de reaproveitamento, ou seja, constituírem-se, por exemplo, do reuso de uma fração e da reciclagem de outra fração de um mesmo resíduo.

A destinação sem reaproveitamento de materiais/componentes não estabelece CDR, e inclui os processos de deposição em aterros e de incineração sem recuperação de energia.

Quando da realização de um estudo exploratório, os especialistas concordaram como um campo de estudo ainda inexplorado sobre a aplicação do conceito de logística reversa na indústria da construção, particularmente em relação ao estabelecimento de CDR para os fluxos reversos de resíduos de construção e demolição (RCD). Desta forma prosseguiu-se com o estudo, no item que se segue.

2.2.1 Logística reversa na Indústria da Construção

Recentemente, devido à crescente competição presente, tanto nos mercados internos quanto nos externos, fruto da globalização, as organizações têm demonstrado maior preocupação em relação à manutenção das vantagens competitivas que embasaram suas estratégias à criação de oportunidades que lhes permitam atingir mercados cada vez maiores e à adição de valor aos negócios existentes.

A adição de valores pode ser atingida pelo oferecimento ao cliente de um nível de serviço diferenciado.

De acordo com LEITE (2003),

A logística reversa adiciona valor ao nível de serviço de pós-transação oferecido ao cliente, na medida em que estabelece uma política de disposição final, reutilização, reciclagem, reforma reparo (reaproveitamento) para um determinado produto. Desta forma, tem a visão ampla de sua responsabilidade sobre todo o ciclo de vida do produto, e não somente durante sua vida útil, atentando para os impactos ambientais, para as possibilidades de desenvolvimento de atividades econômicas e pelo comprometimento com a sociedade.

No setor de construção, pressupõe-se que este interesse ainda seja incipiente e demonstrado por poucas indústrias, assim como o são as iniciativas brasileiras de reaproveitamento de resíduos industriais.

A aplicação do conceito de logística reversa na IC pode ocorrer de diversas formas. Pode constituir-se em ferramenta organizacional para os fluxos de produtos pós-venda, de pós-consumo, de resíduos do processo de produção, de mobilização e desmobilização de equipamentos utilizados durante a construção do empreendimento, e configurar-se como uma iniciativa inédita ou como aprimoramento de um canal reverso já existente.

Especificamente, no que se refere aos fluxos, a quantidade e variabilidade de composição dos resíduos da indústria da construção geram fluxos de características bastante distintas.

Na IC os fluxos de pós-consumo e de processo de produção (resíduos) são dificilmente distinguidos, porque ocorrem simultaneamente, exceto quando da demolição de uma construção, notoriamente um fluxo de produto pós-consumo.

Os fluxos de produtos de pós-venda constituem-se essencialmente por devoluções por envio de processamento de pedidos e geralmente são destinados ao mercado secundário, sendo, por exemplo, liquidados em saldões ou doados para entidades beneficentes. Há ainda os provenientes de equipamentos e transporte como os de devolução e retirada de elevadores e guias.

A preocupação maior recai atualmente sobre os produtos de pós-consumo ou de processo, denominados genericamente por resíduos da construção.

A aplicação do conceito de logística reversa na IC pode ainda ter abrangência de uma empresa isoladamente, desta e de sua cadeia de suprimentos, como também de entidades setoriais, ou ainda de toda a cadeia produtiva (cadeia de suprimentos reversa). Quando os sistemas logísticos reversos da IC são compartilhados por todos os agentes da cadeia e estes possuem objetivos estratégicos alinhados quanto ao reaproveitamento dos fluxos reversos,

consolida-se o gerenciamento da cadeia de suprimento reversa (*reverse supply chain management*).

Os sistemas logísticos reversos são formados por fluxos, canais de distribuição reversa, ou simplesmente canais reversos. No presente estudo os sistemas logísticos reversos da IC correspondem aos fluxos de resíduos da construção e demolição-RCD e seus canais reversos.

Em relação aos canais reversos, o reaproveitamento se dá em grande parte por processos de reciclagem, em virtude de terem sua maior parcela constituída por materiais, onde nem a forma e nem a funcionalidade do produto original são mantidas (STEVEN, 2004).

De acordo com STEVEN (2004), “os processos de reciclagem são a principal peça dos sistemas logísticos reversos”.

Para JOHN (2000) “sob o ponto de vista da cadeia produtiva da construção, a reciclagem de resíduos é uma das formas de redução de seu impacto ambiental, um dos maiores na sociedade”. Assim abordar-se-á em detalhe os sistemas logísticos de reciclagem, embora muitos fatores a serem apresentados possam também ser estendidos aos outros processos de reaproveitamento.

JOHN (2002) lista como fatores que facilitam a reciclagem na cadeia produtiva da IC os seguintes:

- IC é a maior consumidora de materiais na economia;
- Possui diferentes ramos da cadeia produtiva instalados em todas as regiões, o que permite a reciclagem local;
- Consome uma enorme variedade de materiais;
- Consome componentes que em grande parte têm produção simples;
- Pode consumir materiais alternativos para uma mesma função.

No entanto, fatores como os relacionados, sintetizados na tabela 4 podem dificultar a consolidação destes canais, influenciando a viabilidade técnica, econômica, ambiental e social (JOHN, 2000; CINCOTTO, 2003; LEITE, 2003; STEVEN, 2004).

Tabela 4 – Resumo de Fatores intervenientes na consolidação dos CDR de Reciclagem da IC

| |
|---|
| <p>Inexistência, ineficiência ou inviabilidade econômica de tecnologia de reciclagem;</p> <p>Dificuldade de identificação e separação dos resíduos, sua capacidade de degradação e reciclabilidade;</p> <p>Onerosidade do transporte de coleta de resíduos;</p> <p>Baixa disponibilidade do resíduo;</p> <p>Incerteza quanto à oferta de resíduos no mercado: existência, quantidade, qualidade e prazo;</p> <p>Preço de matéria prima original;</p> <p>Necessidade de estoques para proteger a produção;</p> <p>Necessidade de <i>gatekeeping</i> e políticas de devolução;</p> <p>Decisão pela verticalização ou terceirização das atividades;</p> <p>Mercado insuficiente ou não-desenvolvido para o produto originado no ciclo reverso;</p> <p>Incerteza quanto à demanda por produtos reciclados ou com conteúdo reciclado: quantidade, qualidade e prazo;</p> <p>Existência de oligarquias;</p> <p>Característica monopsônica ou oligopsônica do mercado;</p> <p>Análise das componentes do custo para determinar a viabilidade;</p> <p>Custos das opções de destinação;</p> <p>Impacto ambiental do processo de reciclagem;</p> <p>Ausência de políticas de longo prazo para a gestão dos resíduos;</p> <p>Baixo grau de educação/escolaridade da população;</p> <p>Dificuldade de introdução de novas tecnologias;</p> <p>Ausência de informações sobre os resíduos;</p> <p>Existência de interesses conflitantes;</p> <p>Falta de interesse dos produtores dos resíduos na reciclagem;</p> |
|---|

Fonte: JOHN (2000)

Esses fatores são discutidos a seguir:

- Inexistência, ineficiência ou inviabilidade econômica de tecnologia de reciclagem.

LEITE (2003) afirma que a “viabilidade técnica e econômica do processo de reciclagem é um dos processos mais importantes na estruturação dos canais reversos de pós-consumo, sendo em alguns casos, o motivo principal de sua dificuldade de organização”.

A tecnologia de reciclagem possui uma limitação quanto à sua eficiência. Em muitos casos não é possível reciclar 100% dos produtos/materiais. Além disso, a qualidade do material reciclado, freqüentemente, é menor do que o produto original, a menos que o material reciclado seja adicionado ao material como conteúdo reciclado (STEVEN, 2004). Se a tecnologia for inviável economicamente, ela não será utilizada.

- Dificuldade de identificação e separação dos resíduos, sua capacidade de degradação das propriedades originais e a reciclabilidade. O número de vezes que é possível reciclá-lo são características técnicas muito importantes que podem inviabilizar o canal reverso de reciclagem.
- Onerosidade do transporte de coleta de resíduos. Possuem baixo valor agregado e, geralmente, são volumosos. A forma de como é acondicionado influencia o maior ou menor aproveitamento do volume do recipiente de coleta, sendo desejável a maior taxa de compactação possível.
- Incerteza quanto à oferta de resíduos no mercado: existência, quantidade, qualidade e prazo. Os materiais provenientes de sobra de processos industriais, denominados resíduos industriais, apresentam-se melhor organizados, com composição constante e quantidade com certa precisão. Fazendo-se uma analogia entre o canteiro de obras e a indústria, tem-se que os resíduos de construção e demolição podem ser considerados industriais. No entanto, os RCD apresentam grande variabilidade de composição, seja devido à tecnologia de produção empregada na sua geração, seja pelo manuseio despendido a ele no canteiro de obras, seja pela fase de execução em que se encontra o empreendimento, etc. Esta incerteza em relação à qualidade pode ser minimizada pela triagem dos RCD e pelo estabelecimento de limites de contaminação. A quantidade de resíduo disponível também é difícil de ser estimada, pois cada empreendimento possui produtividades e índices de perdas diferentes, os quais variam enormemente. Entretanto, segundo JOHN (2000), “se o reciclador não tiver confiança na estabilidade do fornecimento de resíduo, por período suficientemente longo para amortizar o

investimento, a reciclagem dificilmente se concretizará”. A incerteza em relação ao prazo deve-se ao ritmo de produção, geralmente inconstante das obras.

- Preço da matéria-prima original. A formação do preço de produtos reciclados deve considerar diversos custos, dentre eles o de produção, operação de instalação, logísticos indiretos ambientais e de capital. Se o preço da matéria-prima original for menor que o do produto reciclado, o produto não será competitivo em preço no mercado.
- Necessidade de formação de estoques para proteger a produção. Em virtude da baixa confiabilidade de suprimento, os agentes recicladores precisam ter estoques que lhes permitam trabalhar com a incerteza na quantidade, qualidade o prazo do suprimento. Estes estoques representam capital imobilizado e podem dificultar a viabilização econômica da reciclagem.
- Necessidade de políticas de devolução e *gatekeeping* (ponto de captura). As políticas de devolução, elaboradas geralmente pelos fabricantes, definem os requisitos que os produtos devem atender e os procedimentos para a devolução. Elas não servem apenas para produtos de pós-venda, mas também para a devolução de resíduos aos fabricantes. Já o *gatekeeping* é o processo de seleção dos produtos retornados que ocorre no ponto de entrada do sistema logístico reverso. Trata-se do primeiro fator crítico para o gerenciamento do fluxo reverso inteiro e de sua lucratividade. É este processo que permite ou não que produtos entrem no sistema de logística reverso (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1999). Cabe a este processo inspecionar a qualidade dos produtos retornados, decidir sobre sua disposição do resíduo e barrar, por exemplo, resíduo de produtos que foram vendidos por outras companhias (RAVI, SHANKAR, 2005). No caso dos RCD a existência destes mecanismos é muito importante. Primeiro para definir com transparência os requisitos de aceitação de resíduos pelos recicladores, sejam eles terceirizados ou os próprios fabricantes. Segundo, para assegurar a qualidade dos RCD, principalmente em relação à triagem e à contaminação, e evitar uma destinação incorreta destes.
- Destinação pela verticalização ou terceirização das atividades. As atividades de logística reversa podem ser desempenhadas pelo próprio fabricante, situação em que este possui maior controle sobre a composição, qualidade e quantidade do resíduo. Em alguns países desenvolvidos, como Alemanha e Holanda, os fabricantes de determinados produtos são responsáveis por sua destinação e obrigados a estabelecer

sistemas logísticos reversos, em geral, verticalizados. Estes países adotam legislações que instituem a política do *take-back* para certos resíduos. Segundo ROGERS; TIBBEN-LEMBKE (1998) a política do *take-back* consiste em exigir dos fabricantes que eles colem os produtos ao fim da vida útil para recuperar materiais ou dispô-los adequadamente. Outra opção é a contratação de empresas especializadas no gerenciamento dos sistemas logísticos reversos. Embora não se tenha conhecimento, até o presente momento, deste tipo de empresa atuando no Brasil, os operadores logísticos reversos são comuns em outros países, principalmente nos desenvolvidos. Consiste na terceirização do sistema logístico reverso. Há ainda a possibilidade de parceria no tratamento dos fluxos reversos entre empresas que sejam, até mesmo, concorrentes na logística de distribuição direta. Por exemplo, se a identificação da origem do resíduo é difícil, como em geral o é para os RCD, é possível que retornos de outros fabricantes “entrem” ou “estejam” no canal reverso da outra empresa. Assim, graças a uma parceria, é possível estabelecer um único sistema logístico reverso para operacionalizar o reaproveitamento de retornos de um conjunto de fabricantes.

- Mercado insuficiente ou não desenvolvido para o produto originado no ciclo reverso. A constatação dos possíveis mercados para os produtos reciclados ou de conteúdo reciclado abrange a identificação dos requisitos de qualidade e desempenho que estes devem apresentar para serem aceitos pelos clientes. O fornecimento de produto reciclado ou com conteúdo reciclado depende da curva de demanda por estes produtos no mercado, geralmente o secundário, das atividades de promoção de marketing, geralmente baseadas no marketing ambiental, e nas previsões de produção e distribuição destes produtos para o mercado (BALLOU, 1993). No caso dos resíduos de construção e demolição os mercados existem, mas, não estão desenvolvidos. O fornecimento de produtos reciclados esbarra na visão do cliente que é um produto de má qualidade, na ausência de mecanismos que comprovem seu desempenho, etc.; De acordo com DEKKER, BARROS e SCHOLTEN (1998), na Holanda, 70% dos RCD já são reciclados e, para aumentar esta percentagem para 90% novas leis têm sido criadas para restringir a deposição de RCD em aterros e encorajar o controle de qualidade de materiais reciclados.
- Incerteza quanto à demanda por produtos reciclados ou com conteúdo reciclado: quantidade, qualidade e prazo. Os produtos reciclados frequentemente enfrentam obstáculos mentais na opinião de seus usuários potenciais. Eles supõem que produtos

recicladados possuem menor qualidade do que produtos feitos de recursos primários e não estão dispostos a comprá-los, pelo menos pelo mesmo preço (STEVEN, 2004).

- Existência de oligarquias. Essas estruturas dominantes dificultam a entrada de novos produtos no mercado.
- Característica monopsônica ou oligopsônica do mercado. Isto é a situação em que há apenas um ou bem poucos compradores para o produto reciclado ou com conteúdo reciclado. Neste caso, o poder de negociação do agente reciclador é pequeno.
- Análise das componentes do custo para determinar a viabilidade. De acordo com STEVEN (2004), a reciclagem somente começa a ser lucrativa se os custos dos processos adicionais de logística reversa não forem maiores que as economias obtidas pela redução de materiais e energia no lado da entrada do resíduo, e de resíduos no lado da saída. Já os custos ambientais e sociais, apesar de difícil valoração em função de seus caracteres intangíveis devem ser considerados com base em estudos de análise de ciclo de vida.
- Custos de opções de destinação. Exceto por força de legislações rígidas, os geradores de RCD que possuem diferentes opções de destinação geralmente têm suas decisões baseadas somente no critério de custo. No entanto, nem sempre este custo considera todos os componentes que deveria, como por exemplo, os custos ambientais. No caso dos RCD a taxa de descargas em aterros é um dos principais mecanismos que pode auxiliar na viabilidade dos processos de reciclagem.
- Impacto ambiental do processo de reciclagem. A reciclagem pode não ser viável do ponto de vista ambiental se os processos logísticos e de processamento de reciclagem causarem grandes impactos ambientais negativos. Por exemplo, se o processo de reciclagem necessita muito mais energia, ou ainda, muito mais atividades de transporte, ele pode incorrer em maiores impactos ambientais do que a simples deposição do material (STEVEN, 2004).
- Ausência de políticas de longo prazo para a gestão de resíduos. A descontinuidade das políticas relativas à gestão de resíduos atrasa o estabelecimento de legislações, regulamentações, procedimentos e normas técnicas necessárias. Segundo John (2000), esta condição pode ser alterada por um grande envolvimento da sociedade, organizada em associações, exercendo pressão sob os órgãos governamentais.
- Baixo grau de educação/escolaridade da população (JOHN, 2000). O baixo grau de educação e a ausência de educação ambiental desde o ensino básico formam cidadãos,

e por conseqüência, profissionais com baixa consciência ecológica, pouco comprometidos com a questão ambiental e inconscientes de sua responsabilidade perante o consumo de recursos naturais e a geração de resíduos. A cooperação e comprometimento dos geradores de RCD são vitais para o estabelecimento de canais reversos. Segundo JOHN e AGOPYAN (2000), campanhas educativas poderiam atingir também a construção informal.

- Dificuldade de introdução de novas tecnologias. Produtos de características similares por vezes requerem tecnologias de produção diferentes. No caso dos produtos reciclados ou com conteúdos reciclados na IC, novas tecnologias de produção podem ser necessárias. JOHN (2000) aponta como causa desta dificuldade o baixo impacto da inovação nos custos do empreendimento, a existência de normas prescritivas e o histórico brasileiro recente de novas tecnologias que resultaram em desempenhos insatisfatórios. Para os produtos reciclados ou com conteúdo reciclado, acredita-se haver um alto potencial de redução de custos do empreendimento com o uso destes. Já as normas prescritivas, que determinam soluções pré-estabelecidas em detrimento aos parâmetros de desempenho, representam grande obstáculo para os produtos reciclados. Sem normas de desempenho, os produtos reciclados dificilmente vencerão a desconfiança do cliente quanto à sua qualidade e desempenho (DOHN; ZORDAN, 2000).
- Ausência de informação sobre os resíduos. Segundo JOHN (2000), os inventários de resíduos são as fontes mais fáceis de obtenção de informação sobre os resíduos disponíveis e suas quantidades geradas. Porém, eles são raros e, no Brasil, não abrangem os resíduos inertes, somente os industriais e perigosos. Apesar de ser possível a realização de levantamentos indiretos, a ausência destes inventários no Brasil dificulta a quantificação de fluxos e, conseqüentemente, o estudo de viabilidade técnico-econômica dos canais reversos de reaproveitamento.
- Existência de interesses conflitantes entre os agentes envolvidos no canal reverso. Nesta área existem muitos lobbies.
- Falta de interesse dos produtores de resíduos na reciclagem. Segundo JOHN (2000), “se não houver a firme disposição da direção da empresa, seguida da definição dos objetivos que a empresa tem com relação aos resíduos e o envolvimento da equipe da empresa, a reciclagem do resíduo dificilmente será concretizada”. Dentre outros fatores, para estabelecer a reciclagem são necessárias informações sobre os processos

internos à empresa que definem as características dos resíduos. Além disso, “a reciclagem vai exigir uma mudança de cultura da empresa geradora. Embora dificilmente o resíduo venha a ser o negócio principal, ele terá que ser tratado de maneira dual: como resíduo, por imposição legal; e como produto, pois ele passará a contar com consumidores, interessados em prazos, manutenção da qualidade, etc.” (JOHN, 2000). Caso não exista interesse imediato, o resíduo poderá ser objeto de política pública, visando criar condições para a reciclagem, inclusive por meio de dispositivos fiscais (HARTLEN, 1995 apud JOHN, 2000).

A análise e discussão detalhada dos fatores apresentados, assim como seu embasamento em estudos específicos em cada cadeia, são necessárias para a tomada de decisão em relação à implantação e consolidação de canais de distribuição reversa, pós-consumo de reciclagem de resíduos de construção e demolição. Além disso, neste setor da IC, tanto os processos de produção dos canteiros de obra, quanto o produto que dele deriva são potencialmente impactantes no ambiente. Destaca-se, ainda, que a IC possui interfaces com muitas cadeias produtivas, das mais variadas composições e níveis de organização, desde, por exemplo, a cadeia produtiva de madeiras, passando pela de PVC, até a de cimento.

Mais recentemente, as empresas perceberam que a ausência de sistemas de logística reversa e políticas definidas de retornos influenciam negativamente na logística direta, causando problemas de grandes dimensões. Perceberam também a sua importância para a questão ambiental.

Analisando-se as três dimensões do desenvolvimento sustentável: a econômica, a social e a ambiental, verifica-se uma importante contribuição da logística reversa para a sistematização deste desenvolvimento.

Quanto à dimensão econômica, esta contribuição se dá na medida em que segundo (LEITE, 2003)

O objetivo econômico da implantação da logística reversa de pós-consumo pode ser entendido como a motivação para a obtenção de resultados financeiros por meio de economias obtidas nas operações industriais, principalmente pelo aproveitamento de matérias-primas secundárias, provenientes dos canais reversos da reciclagem, ou de revalorizações mercadológicas nos canais reversos de reuso e de remanufatura.

Identifica-se ainda os benefícios de economia de energia para a produção e o menor investimento em fábricas.

Na interface entre a dimensão econômica e ambiental observa-se que, segundo CARTER e ELLRAM (1998), o expressivo gasto da indústria para atendimento às regulamentações ambientais tem destacado a relevância da logística reversa. Estes autores estimam que nos Estados Unidos este valor ultrapassa U\$124 bilhões por ano. Além disso, o mercado de produtos denominados “ambientalmente amigáveis”, o que no Brasil corresponderia aos “ecologicamente corretos”, cresce aproximadamente U\$200 bilhões por ano, confirmando pesquisas que afirmam que os consumidores estão dispostos a pagar preços maiores na compra destes produtos (HOPICKI, 1993).

Tornam-se evidentes, em todo o meio acadêmico, as afirmações de que a IC, assim como outras cadeias industriais, deve promover o desenvolvimento sustentável, ou seja, deve desenvolver-se de forma a não comprometer a capacidade das gerações futuras em fazê-lo também. Dentre os inúmeros aspectos presentes nas políticas de desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva da IC, em relação às dimensões ambiental e social, encontram-se a responsabilidade para com o uso de recursos naturais e a destinação dos resíduos das atividades industriais.

A ISO 14031 trata do metabolismo industrial ou ecologia industrial a partir de uma tecnologia sem resíduos e produção limpa, baseada numa estratégia de manufatura com recursos ambientais versus tecnologia. Trabalha-se na produção limpa, na eco-eficiência, prevenção de poluição, minimização de resíduos, produção verde, com pressão legal e imagem junto ao consumidor e redução da demanda por matérias-primas, em todo o ciclo de produção, distribuição, consumo e devolução de resíduos (mínimo inevitável). Tem-se como ideal o ciclo sem demanda de matéria-prima e sem resíduo final.

Assim, a implantação da logística reversa, além dos benefícios econômicos que proporciona, revela-se também como uma grande oportunidade de se desenvolver a sistematização dos fluxos de resíduos, bens e produtos descartados, seja pelo fim de sua vida útil, seja por obsolescência tecnológica e o seu reaproveitamento, dentro ou fora da cadeia produtiva que o originou, contribuindo para a redução do uso de recursos naturais e dos demais impactos ambientais. O sistema logístico reverso consiste em uma ferramenta organizacional com o intuito de viabilizar técnica e economicamente as cadeias reversas, de forma a contribuir para a promoção da sustentabilidade de uma cadeia produtiva.

Desta forma, a disposição da empresa para a aplicação de um sistema estruturado de logística reversa revela uma visão ampliada de sua responsabilidade sobre todo o ciclo de vida do produto (e não somente durante a vida útil), atentando para os impactos ambientais, para as

possibilidades de desenvolvimento de atividades econômicas e pelo comprometimento para o futuro da sociedade, dentro de um enfoque de responsabilidade social, hoje tão propalada na sociedade atual.

Destacam-se ainda os seguintes benefícios (LEITE 2008):

(1) consolidação da imagem corporativa: responsabilidade social; geração de novas atividades econômicas, emprego e renda; (2) incentivo à pesquisa de desenvolvimento de tecnologias de materiais e reciclagem; (3) responsabilidade ambiental: diminuição do volume de deposição final de produtos, que possam ser revalorizados, redução do consumo de matérias-primas virgens; (4) retornos financeiros apreciáveis; (5) melhoria da competitividade devido ao nível de serviço diferenciado.

Percebe-se, portanto, que a logística reversa pode constituir-se em uma ferramenta para subsidiar ações relacionadas a todas as dimensões do desenvolvimento sustentável.

A figura 7 ilustra o inter-relacionamento destas ações e de seus respectivos benefícios na cadeia produtiva da IC.

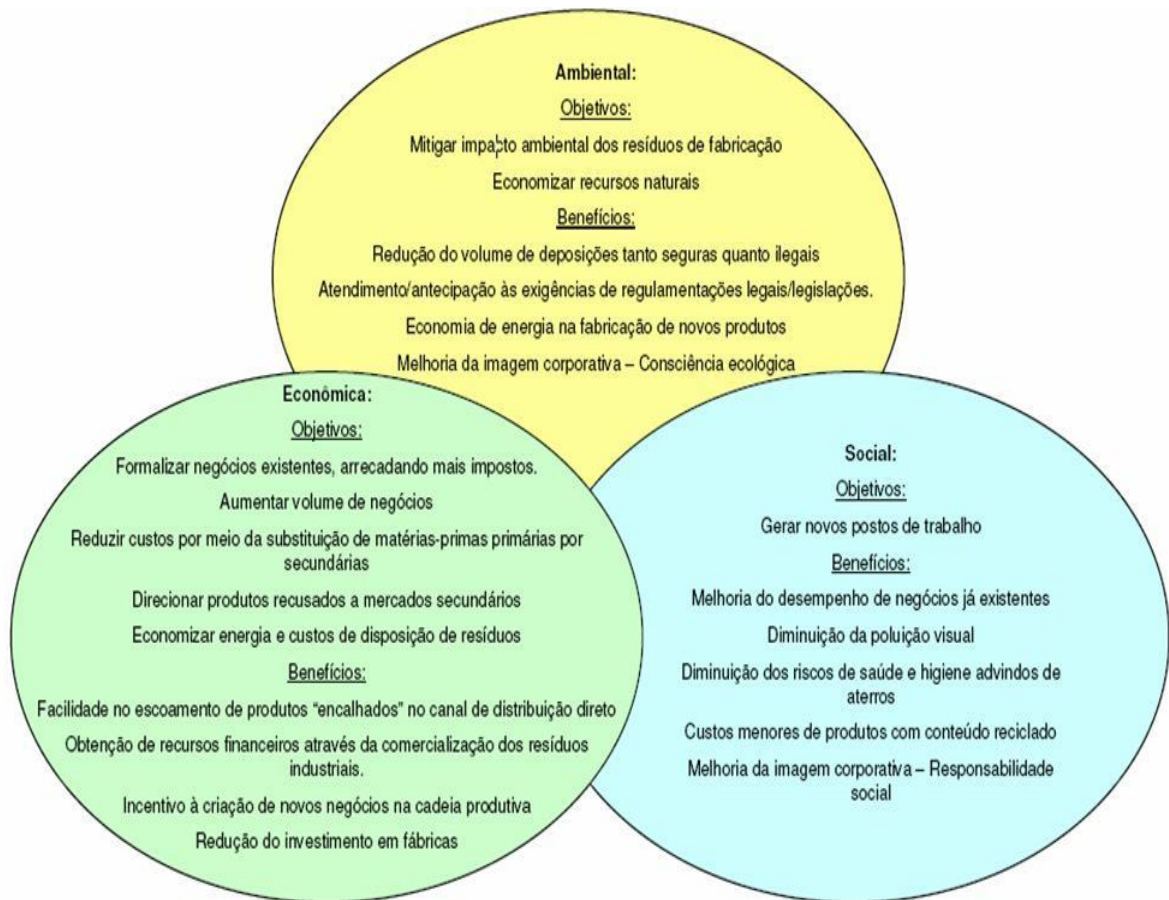


Figura 7 - Papel da logística reversa na cadeia produtiva da IC, sob o ponto de vista da sustentabilidade.

Fonte: Marcondes; Cardoso, (2005).

Finalmente, devido a certas características das empresas que atuam na IC, relacionadas à pulverização existente, ao seu porte, à capacidade de aporte de recursos e à sua capacidade de articulação na cadeia produtiva, pode-se questionar a eficácia de sistemas de logística reversa estruturados por empresas. Para determinadas cadeias, que dependam de empresas de pequeno porte, como construtoras, subcontratadas e projetistas como elo principal, pode-se vislumbrar sistemas articulados por entidades setoriais.

2.2.2 Gerenciamento de resíduos de construção e demolição

Os fluxos de produtos de pós-consumo da indústria da construção e demolição têm sua origem nos canteiros de obras. Neste ambiente desenvolveram-se recentemente algumas

iniciativas de gerenciamento de RCD. Agora apresentamos as exigências impostas pelas legislações federal (incluindo as normas técnicas), estadual e municipal e como elas foram interpretadas e implantadas no município de São Paulo.

A análise das exigências de legislações versus as necessidades das construtoras permite concluir acerca das ações necessárias para o estabelecimento de um sistema logístico reverso para os RCD.

Conforme já dito anteriormente, a IC é um setor responsável por grandes impactos ambientais, decorrentes tanto dos processos de produção quanto do próprio produto, dentre eles, a poluição do ar, água e solo, o elevado consumo de energia e o esgotamento de recursos naturais (DEGANI, 2003).

Dentre os aspectos apontados como prioritários na agenda 21 para o Construbusiness brasileiro, segundo JOHN; SILVA e AGOYPAN (2001), dois estão intimamente ligados aos processos da logística reversa: o consumo de recursos e o reaproveitamento dos resíduos gerados pela IC.

Em relação ao consumo de recursos, ele se localiza nas entradas do processo de transformação e, portanto, o foco de atuação para seu combate está em evitar o “consumo”. Neste caso, as ferramentas de controle da produção e da produtividade, tanto de materiais quanto de mão-de-obra e equipamento, podem auxiliar no controle deste aspecto. Já no outro extremo do processo de transformação – as saídas, quando o resíduo já foi gerado o foco da atuação está no correto tratamento destes resíduos e são necessárias ações que mitiguem o impacto ambiental negativo dos mesmos. Neste ponto, a logística reversa de pós-consumo revela-se uma importante ferramenta para que os fluxos de resíduos, e conseqüentemente os possíveis impactos ambientais negativos relacionados a eles, sejam corretamente tratados, seja pela redução da quantidade, ocasionada pelo seu reaproveitamento, seja pela correta destinação dada a eles.

Segundo PINTO (1999) e SCHNEIDER (2003), no Brasil, o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos tornou-se crítico particularmente na última década, devido ao crescimento desordenado e desenvolvimento acelerado dos pólos urbanos. A discussão sobre o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos tem sido uma constante em grupos de pesquisa que têm por objetivo debater a sustentabilidade e mais especificamente a gestão ambiental. Segundo CONAMA (apud BLUMENSCHNEIN, 2001), cerca de 50% do peso total dos

resíduos sólidos urbanos produzidos diariamente em grandes cidades brasileiras, com mais de 500 mil habitantes, correspondem aos resíduos das atividades da IC.

A ausência, ou até mesmo ineficiência, de políticas públicas que contemplem os resíduos sólidos urbanos tem contribuído para o agravamento dos problemas urbanos. Particularmente os RCD, não estavam subordinados a nenhuma legislação, até a Resolução nº. 307 do CONAMA, em 2002. Portanto, esta Resolução destaca-se como a primeira ação consolidada para a regulamentação do Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Construção e Demolição. Ela é de extrema importância porque estabelece diretrizes e procedimentos para o gerenciamento dos RCD, além de definir termos correlatos ao assunto. (MARCONDES; CARDOSO; 2005)

Segundo esta Resolução, os resíduos da construção,

São os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, comumente chamados de entulhos de obras, caliças ou metralha. E ainda, o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos é, então, denominado de Gerenciamento de Resíduos (CONAMA, 2002).

A escassez de dados precisos sobre os processos de demolição determinou ênfase na gestão de RCD decorrentes da fase de construção de novos empreendimentos. Apesar disto, é necessário citar que os agentes de serviços de demolição desenvolveram um nicho de mercado valorizado para seus subprodutos ou resíduos como componentes, por exemplo, portas e janelas “de demolição”.

Para possibilitar o gerenciamento de RCD, a Resolução 307 da CONAMA, determina a criação por parte de cada município e do Distrito Federal de um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção. Em relação à atribuição de responsabilidades, a Resolução determina apenas dois grupos de agentes: os geradores e os transportadores, sendo que os geradores são pessoas “físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que geram os RCD”. A resolução prevê, ainda, dois grupos de geradores de resíduos: os de grande porte, representado principalmente por empresas construtoras, e os de pequeno porte, que inclui os provenientes de pequenas reformas ou reparo.

No caso da Prefeitura do Município de São Paulo, o Plano de Gestão Sustentável do Entulho da Cidade, um pacote de medidas para incentivar a iniciativa privada a investir e gerir o ramo de atividades e melhorar a gestão do entulho foi lançado somente em outubro de 2005.

Para as empresas construtoras, a elaboração dos planos integrados é fundamental, porque cada projeto será analisado pelo órgão ambiental local, para a aprovação do empreendimento na prefeitura do município.

Estes projetos devem estabelecer os procedimentos necessários ao manejo e à destinação ambientalmente adequados dos resíduos, instituindo intervenções e planos específicos para cada empreendimento. Devem ainda contemplar, as etapas de caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação (PINTO, 2005).

De acordo com JOHN (2000), o RCD tem constituição variável, depende da fonte geradora – construção ou reforma/demolição, fase da obra, tecnologia construtiva, natureza da obra, etc.. O estudo de BRITO FILHO (1999) no aterro de Itatinga, na cidade de São Paulo, indica os valores mostrados na Figura 8.

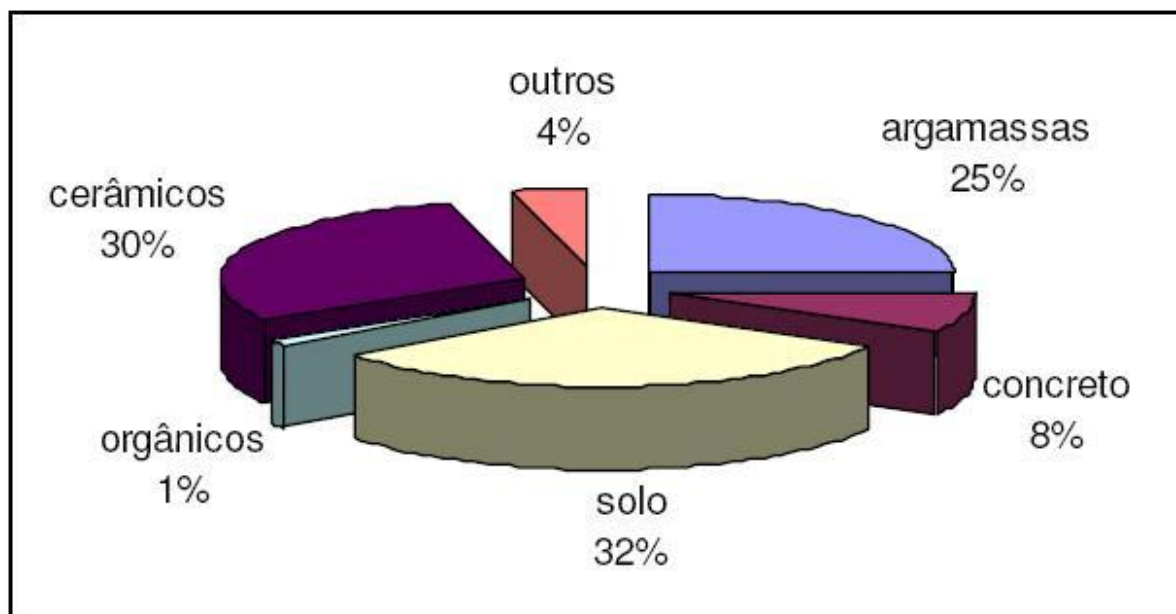


Figura 8 - Composição média dos entulhos depositados no aterro de Itatinga, São Paulo

Fonte: BRITO FILHO, 1999.

A etapa de caracterização constitui-se na identificação e quantificação dos resíduos gerados no canteiro de obras (PINTO, 2005). Ela pressupõe o treinamento da mão-de-obra para realizar a identificação visual dos resíduos e em seguida proceder a triagem, de acordo com a classificação da Resolução 307 - CONAMA, 2002 apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 – Classificação dos Resíduos de Construção Demolição - Resolução nº 307 do CONAMA (2002)

| Classe | Definição | Exemplos |
|---------------|---|--|
| A | Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados | Componentes cerâmicos, argamassas, concretos, solos etc. |
| B | Resíduos recicláveis para outras destinações | Plástico, papel e papelão metais, vidros, madeiras e outros |
| C | Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação | Gesso e outros sem tecnologia de recuperação (lixas, manta asfáltica etc.) |
| D | Resíduos perigosos ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros. | Tintas, solventes, óleos e outros resíduos contaminados. |

Fonte: CONAMA, 2002.

A quantificação da geração de RCD é complexa porque envolve a coleta de dados em campo, uma vez que não há dados precisos, nem indicadores divulgados. A geração depende muito do projeto do empreendimento e das tecnologias utilizadas, da organização do canteiro, dos recipientes para acondicionamento dos diferentes “empolamentos” dos resíduos, além de variar conforme a etapa da obra.

2.3 RECICLAGEM

A reciclagem de resíduos, assim como qualquer outra atividade humana, também pode causar impactos no meio ambiente. Variáveis como o tipo de resíduos, a tecnologia empregada e a utilização proposta para o material reciclado, podem tornar o processo de reciclagem ainda mais impactante do que o próprio resíduo era antes de ser reciclado. Dessa forma, o processo de reciclagem acarreta riscos ambientais que precisam ser adequadamente gerenciados.

A quantidade de materiais e energia necessários ao processo de reciclagem pode representar um grande impacto ao meio ambiente. Todo processo de reciclagem necessita de energia para transformar o produto ou tratá-lo de forma a torná-lo apropriado a ingressar novamente na cadeia produtiva. Além disso, muitas vezes, apenas a energia não é suficiente para transformação do resíduo. São necessárias também matérias primas para modificá-las física e/ou quimicamente.

Dependendo da periculosidade e complexidade dos rejeitos, estes podem causar novos problemas, como a impossibilidade de serem reciclados, a falta de tecnologia para o seu tratamento, a falta de locais para dispô-los e todo o custo que isto ocasionaria. É preciso também considerar os resíduos gerados pelos materiais reciclados no final de sua vida útil e na possibilidade de serem novamente reciclados, fechando assim o ciclo.

Um parâmetro que geralmente é desprezado na avaliação de produtos reciclados é o risco à saúde dos usuários do novo material, e dos próprios trabalhadores na indústria recicladora, devido à lixiviação de frações solúveis ou até mesmo pela evaporação de frações voláteis. Os resíduos muitas vezes são constituídos por elementos perigosos, como metais pesados (Cd, Pb) e componentes orgânicos voláteis. Estes materiais, mesmo quando inertes, após a reciclagem, podem representar riscos, pois nem sempre os processos de reciclagem garantem a imobilização destes componentes. Dessa forma, é preciso que a escolha da reciclagem de um resíduo seja criteriosa e pondere todas as alternativas possíveis com relação ao consumo de energia e matéria-prima.

2.3.1 A Reciclagem de Resíduos no Brasil

Comparativamente a países do primeiro mundo, a reciclagem de resíduos no Brasil como materiais de construção é ainda tímida, com a possível exceção da intensa reciclagem praticada pelas indústrias de cimento e aço. Este atraso tem vários componentes. Em primeiro lugar, os repetidos problemas econômicos e os prementes problemas sociais que ocupam a agenda das discussões políticas.

Mesmo a discussão mais sistemática sobre resíduos sólidos é recente. No Estado de São Paulo somente recentemente iniciou-se a discussão de uma Política de Resíduos Sólidos, na forma de um texto de lei aprovado pelo Conselho Estadual do Meio Ambiente. Este projeto de Lei estabelece uma política sistemática de resíduos, na forma de um texto de lei aprovado pelo conselho Estadual do Meio ambiente. Este projeto de lei estabelece uma política sistemática de resíduos, incluindo ferramentas para minimização e reciclagem de resíduos.

Assim, em larga medida, a questão ambiental no Brasil ainda é tratada como sendo um problema de preservação da natureza, particularmente florestas e animais em extinção, deposição em aterros adequadamente controlados e controle de poluição do ar, com o Estado exercendo o papel de polícia. A lei federal de crimes ambientais (nº. 9605 de 13/2/1998) revela um Estado ainda mais voltado à punição das transgressões a legislação ambiental

vigente, do que articular diferentes agentes sociais na redução do impacto ambiental das atividades, mesmo que legais, do desenvolvimento econômico. Um contraponto a esta ação, predominantemente policial, foi a iniciativa do Governo do Estado de São Paulo, através da CETESB, de implantação de 17 Câmaras Ambientais Setoriais, inclusive de construção civil.

Uma medida positiva foi a promulgação da Lei do Estado de São Paulo nº 10311 de maio de 1999, do Selo Verde, um certificado de qualidade ambiental, a ser conferido pela CETESB, a estabelecimentos sediados em São Paulo que executem programas de proteção e preservação do meio ambiente.

A inexistência destas marcas de qualidade ambiental de produtos demonstra que, diferentemente de outros países, as empresas brasileiras que eventualmente reciclem não utilizam sua contribuição ambiental como ferramenta de marketing, apesar do consumidor, mantido o preço e a qualidade, preferir produtos com menor impacto ambiental (MORENO, 1988). Uma das causas possíveis para este desinteresse é um eventual receio de que o público consumidor leigo associe o produto reciclado a produto de baixa qualidade.

Sem qualquer sombra de dúvida a maior experiência brasileira na área de reciclagem de produtos gerados por outras indústrias na produção de materiais de construção é a conduzida pela indústria cimenteira, principalmente escórias de alto forno. YAMAMOTO et al (1997) estimam que em 1966 a indústria cimenteira brasileira, ao adotar a reciclagem maciça de cinzas volantes e escórias granuladas de alto forno, além da calcinação de argilas e adição de *filler* calcário, reduziu a geração de CO₂ em 29% e uma economia de combustível de 28%.

Adicionalmente, MARCIANO; KIARA (1997) estimam que a indústria cimenteira economizou entre 1976 e 1995 cerca de 750 mil toneladas de óleo combustível queimando resíduos, como casca de arroz, serragem, pó de carvão vegetal, pedaços de borrachas, cascas de babaçu, entre outros. Atualmente a indústria cimenteira no Brasil inicia a prática de co-processamento, definido com calcinação de resíduos em fornos de cimento, reduzindo o consumo de energia e diminuindo o volume de resíduos em aterros.

2.3.2 Reciclagem de Resíduos de Demolição (RCD)

A reciclagem de RCD como material de construção civil, iniciada na Europa após a segunda guerra mundial encontra-se, no Brasil, muito atrasada apesar da escassez de agregados e área de aterros nas grandes regiões metropolitanas, especialmente se comparadas

com países europeus, onde a fração reciclada pode atingir cerca de 90% recentemente, como é o caso da Holanda (ZWAN, 1997; DORSTHORST; HENDRICKS, 2000), que já discute a certificação do produto (HENDRICKS, 1994).

A variação da porcentagem de reciclagem dos RCD em diversos países é função da disponibilidade de recursos naturais, distância de transporte entre reciclados e materiais naturais, situação econômica e tecnológica do país e densidade populacional (DORSTHORST; HENDRICKS, 2000).

Embora já se observe no mercado a movimentação de empresas interessadas em explorar o negócio da reciclagem de RCD e não apenas o negócio do transporte, as experiências brasileiras estão limitadas em ações das municipalidades PINTO (1999), que buscam reduzir custos e o impacto ambiental negativo da deposição de enorme massa de entulhos (média de 0,5 toneladas/ habitante/ ano, obtida segundo PINTO (1999) no meio urbano para cidades médias e grandes).

Algumas municipalidades como a de Belo Horizonte (CAMPOS et al, 1994) operam plantas de reciclagem, produzindo principalmente base para pavimentação.

Adicionalmente, a tecnologia de reciclagem de RCD em canteiro pode ser empregada para a produção de argamassas, aproveitando inclusive a atividade pozolânica (que se usa como cimento hidráulico) conferida por algumas frações cerâmica (LEVY; HELENE, 1996).

A reciclagem de RCD para argamassa e concretos já foi instalada, e tem se mostrado viável em estudos brasileiros, do ponto de vista tecnológico e econômico. Entretanto, a avaliação do risco ambiental não foi avaliada. (LEVY 1997, MIRANDA 2000, HAMASSAKI e al., 1997; ZORDAN 1997; BARRA 1996; MORALES e ÂNGULO, 2000).

A reciclagem de pavimento asfáltico, introduzida no mercado paulistano no início da década de 90 é hoje uma realidade nas grandes cidades brasileiras, viabilizando a reciclagem tanto do asfalto quando dos agregados do concreto asfáltico.

Um dos problemas mais graves nos RCD é a variabilidade de composição e conseqüentemente, de outras propriedades desses agregados reciclados (ÂNGULO 2000; ZORDAN 1997; PINTO, 1999; HARDER; FREEMAN 1997, DORSTHORST; HENDRICKS, 2000).

A recente introdução maciça de gesso na forma de revestimentos ou placas, no Brasil, pode ser um complicador para a reciclagem dos RCD, caso processos de controle não sejam instalados em Centrais de Reciclagem.

A solução para alguns contaminantes presentes nos RCD (plásticos e madeiras) pode ser o emprego de tanques de depuração por flotação e separadores magnéticos (QUEBRAND; BUYLE-BODIN 1999); mas, em alguns casos, a retirada das fases contaminantes, pode ser algo bem mais complexo como compostos orgânicos voláteis e hidrocarbonetos (MULDER e al, 2000).

A solução para a variabilidade da composição e das outras propriedades desses agregados pode ser o manejo em pilhas de homogeneização, reduzindo esta variabilidade. O que se sugere, é o emprego dos agregados em diversas finalidades, porém com um adequado controle, permitindo a valorização do resíduo e não simplesmente destiná-lo para as necessidades de pavimentação, que são as de menores exigências de qualidade (ÂNGULO, 2000).

2.3.3 Reciclagem de Escória de Alto Forno

A produção anual de escórias de alto forno no Brasil, em 1966, foi de 6,4 milhões de toneladas, sendo que 0,7 milhões são resfriadas lentamente (Palestra Maria Cristina Yvan, IRS na USP nov/1998) e o restante geralmente granulado, sendo, portanto adequado à reciclagem como aglomerantes. Uma grande parte da escória granulada é consumida pela indústria cimenteira. No entanto, uma parte considerável, mesmo a de composição alcalina, permanece acumulada em aterros.

A indústria siderúrgica já considera o foco ambiental como parte de sua estratégia competitiva, valorizando economicamente seus resíduos, diversificando o seu mercado consumidor.

Além das escórias de alto forno, a indústria brasileira produz cerca de 3 milhões de toneladas de escórias de aciaria. De composição variável, entre diferentes indústrias e mesmo tipo de aço, estas escórias são expansivas, uma vez que apresentam grandes teores de aço, em alguns casos acima de 20%. Apesar dos riscos envolvidos, este produto, após a remoção mecânica das frações mais ricas em metal, dados do Instituto Brasileiro de Siderurgia indicam que cerca de 38% tem sido reciclados na forma de lastro ferroviário, especialmente na área da influência da Companhia Vale do Rio Doce e pavimentação (SILVA, 1999).

Devido a falta de critérios de controle adequados à realidade brasileira, a expansibilidade deste tipo de escória tem levado a vários desastres, tanto quando utilizada como base de pavimentação, aterro ou agregado para concreto. O desenvolvimento de critérios técnicos para análise do risco de expansão, que pode chegar até 10% deste produto, é uma preocupação do setor siderúrgico. (SILVA, 1999)

2.3.4 Outros Resíduos

Existe uma grande quantidade de resíduos com potencial de emprego na indústria da construção e que ainda são ignorados pelo mercado e até por pesquisadores brasileiros. Os resíduos derivados do saneamento urbano, ou seja, escória da incineração de lixo urbano domiciliar, lixo hospitalar e o lodo de esgoto devem apresentar um crescimento acentuado na sua produção no futuro próximo, especialmente, na cidade de São Paulo, onde inexistem áreas de deposição e está previsto o saneamento do rio Tietê. A reciclagem fosfogeno, resíduo da produção de adubos, já foi testada no passado, no Brasil. No entanto, os produtos apresentam enorme tendência ao desenvolvimento de fungos na fase de uso, e a tecnologia foi abandonada.

2.3.5 Pesquisa e Desenvolvimento

Um processo de pesquisa e desenvolvimento de um novo material ou produto, a partir de um resíduo que venha a se estabelecer como uma alternativa de mercado ambientalmente segura, é uma tarefa complexa envolvendo conhecimentos multidisciplinares. Assim, uma metodologia que tenha como objetivo orientar atividades de pesquisa e desenvolvimento de reciclagem de resíduos, como materiais de construção, deve reunir e articular os conceitos e ferramentas relevantes ao desenvolvimento das diferentes atividades e deve compreender os seguintes tópicos:

2.3.5.1 Identificação e Qualificação dos Resíduos Disponíveis

A determinação de dados quantitativos dos resíduos, como a quantidade nacional gerada, os locais de produção e a sua periculosidade, são de grande importância para a sua localização dentro do cenário econômico, social e político do local onde é gerado.

Os inventários de resíduos são certamente as fontes mais fáceis de obtenção destas informações, mas, nem sempre eles existem ou estão disponíveis.

Nesta etapa é necessário confirmar e detalhar os dados sobre a geração do resíduo na empresa ou na região em estudo. Além da quantidade de resíduos anual ou mensal gerada é também importante, neste estágio, detectar eventual sazonalidade na geração do resíduo e o volume existente em estoque.

2.3.5.2 Caracterização do Resíduo

É fundamental um estudo físico-químico das propriedades dos resíduos, através de ensaios e métodos apropriados. Tais informações darão subsídio para a seleção das possíveis aplicações dos resíduos. A compreensão do processo que leva a geração do resíduo fornece informações imprescindíveis à concepção de uma estratégia de reciclagem com viabilidade no mercado. É também importante investigar a variabilidade das fontes de fornecimento de matérias-primas. É possível operar com matérias-primas bastante variáveis, mantendo sob controle as características do produto principal variando, no entanto, a composição dos resíduos.

2.3.5.3 Custos Associados aos Resíduos.

Os custos associados aos resíduos, como os de licenças ambientais, deposição de resíduos, transportes, as multas ambientais, entre outros devem ser considerados para a futura avaliação da viabilidade econômica da reciclagem. Da mesma forma, o faturamento obtido quando o produto é comercializado deve ser apropriado separadamente, assim como a proporção real entre o comercializado e o estocado.

Uma das condições para viabilizar o novo produto no mercado é que seu preço de venda seja competitivo com a solução técnica já estabelecida ou que haja um nicho de mercado onde o produto apresente significativa vantagem competitiva. Para atingir o interesse do gerador do resíduo sob o estrito ponto de vista financeiro, a reciclagem precisa reduzir os custos com o resíduo, incluídos custos decorrentes da necessidade de mudança de tratamento do resíduo de forma a adequá-lo à reciclagem.

2.3.5.4 Seleção das Aplicações a Serem Desenvolvidas

De acordo com as características físico-químicas dos resíduos, são avaliadas as aplicações tecnicamente viáveis a partir de sua reciclagem. Como regra geral, tais

aplicações são aquelas que melhor aproveitam as suas características. Esta etapa requer uma grande variedade de conhecimentos técnicos, científicos e mercados, exigindo o envolvimento de uma grande equipe multidisciplinar.

2.3.5.5 Avaliação do Produto.

A metodologia de avaliação do produto deve analisar o produto desenvolvido em relação ao seu desempenho e a sua durabilidade. O desempenho de componentes tem por objetivo analisar a adequação ao uso, ou seja, adequação às necessidades dos usuários de um produto quando integrado em alguma edificação.

A durabilidade é um aspecto fundamental no desempenho do produto, afetando o custo global da solução e o impacto ambiental do sistema. O objetivo final do estudo de durabilidade é estimar a vida útil, definida como período de tempo durante o qual o produto vai apresentar desempenho satisfatório, nas diferentes condições de uso (SJÖSTRÖM, 1996).

2.3.5.6 Análise do Desempenho Ambiental

É importante que o desempenho ambiental das alternativas de reciclagem seja avaliado, além dos usuais testes de lixiviação. Estes ensaios são desenvolvidos para análise de risco ambiental de resíduos quando depositados em aterros. Geralmente, é utilizado apenas pelos órgãos de fiscalização do meio ambiente, e nem sempre com bom senso, sendo usado até mesmo como argumento para impedir processos de tratamento e reciclagem de resíduos.

2.3.5.7 Desenvolvimento do Produto.

O desenvolvimento do produto a partir do resíduo relacionado compreende as etapas de pesquisa laboratorial para desenvolvimento de tecnologia básica, seguido do desenvolvimento da tecnologia aplicada, que envolve o processo de produção e ferramentas de gestão e controle de qualidade. Finalmente, um estágio de pré-produção ou produção em escala semi-industrial é recomendável para o refinamento do produto (JOHN; CAVALCANTE, 1996).

Nesta fase um conceito importante é o da engenharia simultânea, onde são analisados simultaneamente o desenvolvimento da tecnologia, o desempenho do novo produto, aspectos relativos à manutenção, confiabilidade, marketing e aspectos ambientais, todos do berço ao túmulo. (SWINK, 1998).

2.3.5.8 Transferência de Tecnologia.

A reciclagem vai ocorrer apenas se o novo material entrar em escala comercial. Assim, a transferência da tecnologia é uma etapa essencial do processo. Para ela o preço do produto é importante, mas não é suficiente. A colaboração entre os diversos atores envolvidos no processo gerador do resíduo, potenciais consumidores, agências governamentais encarregadas da gestão do meio ambiente e das instituições de pesquisa envolvidas é fundamental para o sucesso e viabilidade da reciclagem, e deverá ocorrer, preferencialmente, desde o momento em que a pesquisa se inicia. Além disso, há a necessidade de se convencer os consumidores finais e profissionais que utilizarão ou indicarão os novos produtos. O uso de documentação e certificados que garantam as vantagens do novo produto, bem como a colaboração de universidades e centros de pesquisa com reputação de excelência no mercado, certamente auxilia no convencimento da qualidade do produto.

As metas para se atingir a sustentabilidade, empregando resíduos na construção civil devem contemplar a reciclagem, sendo que uma metodologia de pesquisa e desenvolvimento é fundamental para um mercado efetivo de resíduos. Esta metodologia deve ser criteriosa e cautelosa. Ao se analisar a reciclagem de resíduos na IC brasileira, percebem-se falhas no processo de pesquisa e desenvolvimento, principalmente, no tocante aos atores envolvidos no processo. Encontram-se problemas no desenvolvimento do produto, transferência de tecnologia e análise do desempenho ambiental. A reciclagem de RCD tenta consolidar seus processos de produção e garantia de qualidade na busca de um mercado mais diversificado e efetivo, através de ações discutidas no CONAMA e Câmara Ambiental de São Paulo. O desempenho ambiental na reciclagem dos RCD é ainda negligenciado e existem problemas na etapa de caracterização do resíduo.

Embora a reciclagem de escórias e cinzas volantes tenha um mercado mais consolidado, suas aplicações são limitadas, indicando problemas na transferência de tecnologias.

3. CONSIDERAÇÕES SOBRE O ENTULHO DA IC E OS PRODUTOS DERIVADOS DA RECICLAGEM.

A necessidade de se aproveitar os RCC não resulta apenas da vontade de economizar, trata-se de uma atitude imperativa para a preservação do meio ambiente. O importante é ser implantada no setor da IC a gestão de um processo produtivo, tendo como resultado a diminuição na geração dos resíduos sólidos e o correto gerenciamento dos mesmos nos canteiros de obra.

Neste contexto, é fundamental também a conscientização e sensibilização dos agentes envolvidos, (agentes geradores, governo, agentes transportadores e recebedores e agentes recicladores), criando-se uma metodologia própria, viabilizada pela iniciativa privada em conjunto com o Poder Público, que transforme o atual quadro insustentável do setor.

3.1. CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

- a) Classe A: São resíduos reutilizáveis ou recicláveis tais como oriundos de:
 - Pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem.
 - Edificações: componentes cerâmicas (tijolos, telhas, placas de revestimento e etc.), argamassa e concreto.
 - Processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios, etc.) produzidos nos canteiros de obra.
- b) Classe B: São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel ou papelão, metais, vidros, madeiras e outros.
- c) Classe C: São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitem a sua reciclagem ou recuperação, tais como produtos fabricados com gesso.
- d) Classe D: São os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos, amianto e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolição, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

3.2. AGENTES ENVOLVIDOS E SUAS RESPONSABILIDADES.

- a) Gerador de resíduos: Gerenciar os resíduos desde a geração até a destinação final, com adoção de métodos, técnicas, processos de manejo compatíveis com suas destinações ambientais, sanitárias e economicamente desejáveis.
- b) Prestador de serviços/ Transportador: Cumprir e fazer cumprir as determinações normativas que disciplinam os procedimentos e operações do processo de gerenciamento de resíduos de obra civil em especial.
- c) Cedente de área para recebimento de inertes e reciclagem: Cumprir e fazer cumprir as determinações normativas que disciplinam os procedimentos e operações de aterros de inertes e usinas de reciclagem, em especial, seu controle ambiental.
- d) Poder público: Normalizar, orientar, controlar e fiscalizar a conformidade a execução dos processos de gerenciamento do Plano Integrado de Gerenciamento dos Resíduos da IC. Compete-lhe também, equacionar soluções e adotar medidas para estruturação e licenciamento da rede de áreas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes de resíduos de obra civil para posterior destinação às áreas de beneficiamento.

3.3. MODELO DE IMPLANTAÇÃO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA

A produção mais limpa consiste em um programa de uma estratégia econômica ambiental e técnica integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não geração minimizações ou reciclagem dos resíduos gerados, com benefícios ambientais e econômicos para os processos produtivos.

A realização deste programa é feita em várias etapas, como descrito a seguir:

- a) **Escolha do processo construtivo:** Identificação na obra do processo ou etapa de trabalho onde será implementada a metodologia de produção mais limpa.
- b) **Sensibilização:** É nesta etapa que os responsáveis pela implantação do modelo (empresa reciclagem) devem envolver colaboradoras, agentes envolvidos no sentido da conscientização e divulgação ampla do modelo e processos.

Apresentam-se os principais objetivos do modelo e os possíveis conflitos decorrentes de sua implantação.

- c) **Formação do grupo de colaboradores:** Os colaboradores deverão ser escolhidos e dimensionados de acordo com as necessidades do modelo. É fundamental definir claramente a missão do grupo, como também as atribuições e responsabilidades de cada componente.
- d) **Repasse da Metodologia:** Consiste na demonstração da implantação do modelo onde os colaboradores terão conhecimento do escopo e conteúdo do projeto com objetivo de atender as metas estabelecidas.
- e) **Medição de Campo:** Consiste no levantamento das entradas de matérias-primas ou insumos e saídas de resíduos.
- f) **Quantificação:** Consiste na definição, avaliação e acompanhamento de indicadores ambientais, de processo e de desempenho.

3.4. MODELOS DE CLASSIFICAÇÃO E SEPARAÇÃO DOS RESÍDUOS NOS CANTEIROS DE OBRA

A implantação do modelo com a coleta seletiva dos resíduos deve ser feita de acordo com os passos descritos a seguir:

1º passo: Consiste no planejamento das ações a serem efetivadas e onde será, implantadas, com objetivo de direcionarmos esforços para atingimento de metas.

2º passo: Consiste na caracterização dos RCC gerados nas diferentes fases da obra, sendo variável durante sua execução. A tabela 6 a seguir, ilustra os principais resíduos gerados em cada fase.

Tabela 6 - Resíduos por fases de obra

| Fases da Obra | Resíduos Gerados | | | | | | |
|------------------------|------------------|--------------------|---------------|---------------------------|----------|--------|--------|
| | Solo Concreto | Aço/Sobra de Corte | Outros Metais | Papel, Plástico e papelão | Vidros | Gesso | Tintas |
| Demolição | MSG*2 | VB*6 | NE | NE | SG*15 | NE/VB | NE |
| Escavação | MSG*3 | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| Fundação | NE/VB*4 | VB*7 | NE | VB*12 | NE | NE | NE |
| Estrutura | NE/VB*4 | VB*7 | NE | VB*12 | NE | NE | NE |
| Alvenaria | SG*5 | NE | NE | MSG*12 | NE | NE/VB | NE |
| <i>Dry-Wall</i> * 1 | NE | NE | SG*8 | NE/VB*13 | NE | SG*17 | NE |
| Acabamento | SG | NE | SG*9*10*11 | SG*14 | NE/VB*16 | MSG*18 | NE |
| SG – Significativo | | | | NE – Não existente | | | |
| MSG – Muito Satisfeito | | | | NE/VB – NE ou valor baixo | | | |

Fonte: Prefeitura de Belo Horizonte (2006)

*01 – Processo substitutivo da alvenaria tradicional

*02 – Lajes fragmentadas, tijolos

*03 – Solo proveniente das escavações

*04 – Sobra de Concreto

*05 – Quebra de concreto

*06 – Aço agregado nas lajes demolidas

*07 – Aço (sobra no corte das barras de aço)

*08 – Sucata de perfis de alumínio usados na montagem da estrutura do sistema Dry-wall

*09 – Sucata proveniente do corte de tubos de cobre

*10 – Sucata metálica de latas de tintas ou massa de correr, tubos metálicos de silicone para rejunte ou espuma expansiva

*11 – Sucata de perfis de alumínio caso as esquadrias estejam sendo fabricadas no canteiro de obra

*12 – Sucaria de cimento ou argamassa pronta

- *13 – Plástico
- *14 – Caixa de papelão das cerâmicas e/ou azulejos
- *15 – Quebra de vidros ocorrido na demolição
- *16 – Pode ocorrer quebra de vidros ocorridos na demolição
- *17 – Provenientes dos recortes de gesso cartonado
- *18 – Sucata de Gesso usado para proteção de pisos acabados

Outros resíduos importantes a considerar, não listados acima são: argamassa, PVC e madeira.

Estima-se que entre 20 e 35% dos RCC em uma caçamba de “entulho” sejam resíduos Classe B e D. Como normalmente uma caçamba de entulho tem até 6m³, estes resíduos seriam responsáveis por 1,2 a 2,1m³ em cada caçamba.

3º passo: Consiste na avaliação da viabilidade do uso dos componentes do entulho. Os resíduos classe A podem ser utilizados, após moagem na própria obra ou como agregado em sub-base de pavimentação, sub-base de pisos e calçadas, confecção de tijolos e bloquetes. Os de classe B e D irão voltar ao ciclo de produção, ou seja, serão reciclados. Quanto aos de classe C, ainda não há uma solução econômica para reutilização.

4º passo: Desenvolver todo o processo e providências acordo, contratos, licenças, autorização e demais documentos que permitam a utilização do RCC. Tais documentos se fazem necessárias para o controle do que sai da obra e se o seu destino está correto e adequado.

5º passo: Desenvolver e documentar os procedimentos adotados para seleção, acondicionamento, despacho e retirada RCC da obra.

Providenciar recipientes para acondicionamento de materiais a serem agregados.

Em cada pavimento deve-se ter recipientes para coleta seletiva. Esses recipientes serão identificados conforme material a ser selecionado. No andar térreo ter-se-ão baias para acumular os resíduos coletados. A normalização do padrão de cores para os resíduos é dado pela resolução CONAMA nº 275 de 19/06/2001.

6º passo: Estabelecer a logística de transporte para a retirada dos resíduos selecionados. Esta medida tem como objetivo principal a retirada dos resíduos, evitando o acúmulo destes do canteiro de obra, o que pode desestimular a coleta seletiva.

7º passo: Capacitar todos os envolvidos por meio de treinamento geral, realizado com todos os funcionários que irão efetuar a remoção dos RCC dos recipientes para as barras.

Promover para os demais materiais a coleta simples sem segregação e enviar para o transbordo apropriado.

3.5. DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS DA IC.

Terra de remoção – classe A:

Utilizar na própria obra. Reutilizar na restauração de solos contaminados, aterros e terraplanagem de jazidas abandonadas.

Utilizar em obras que necessitem de material para aterro, devidamente autorizados por órgão competente ou em aterros inertes licenciados.

Tijolo, produtos cerâmicos e produtos de cimento – classe A

- Encaminhar para usinas de reciclagem de entulho
- Encaminhar para brechós de construção, quando os materiais estiverem em condição de uso.
- Encaminhar para aterros de inertes licenciados como última opção.

Argamassa – Classe A

- Encaminhar para usinas de reciclagem de entulho
- Encaminhar para unidades de recebimento de pequenos volumes até 2m³
- Encaminhar para aterros inertes licenciados como última opção.

Madeira – Classe B

- Encaminhar para empresas e entidades que utilizam a madeira como energético ou matéria-prima.

Metais – Classe B

- Encaminhar para empresas de reciclagem de materiais metálicos
- Encaminhar para cooperativas e associações de catadores
- Encaminhar para depósitos de ferros-velhos devidamente licenciados

- Encaminhar para brechós de construção, quando os materiais estiverem em condições de uso.

Embalagens, papel, papelão e plásticos – Classe B

- Encaminhar para empresas de reciclagem de materiais plásticos e papelão
- Encaminhar para cooperativas e associações de catadores
- Encaminhar para depósitos de ferros-velhos devidamente licenciados
- Embalagens de cimento e argamassa: caberá ao gerador buscar soluções junto ao fornecedor do produto.

Vidros – Classe B

- Encaminhar para empresas de reciclagem de vidros
- Encaminhar para cooperativas e associações de catadores
- Encaminhar para depósitos de ferros-velhos devidamente licenciados

Gesso e derivados – Classe C

Até o momento não existe uma destinação adequada, cabendo ao gerador buscar soluções junto ao fabricante.

Resíduos perigosos e contaminados (óleos, tintas, vernizes, produtos químicos e amianto) – Classe D

- Encaminhar para empresas de reciclagem de tintas e vernizes.
- Encaminhar para empresas de co-processamento.

Não existe uma destinação adequada para grande parte dos resíduos perigosos ou contaminada, cabendo ao gerador buscar soluções junto ao fabricante.

Resíduos Orgânicos

Acondicionar os resíduos produzidos durante refeições em sacos plásticos. Os sacos devem ser colocados em locais adequados e em horários previstos pela empresa concessionária de limpeza pública, sendo ela responsável pela coleta, transporte e destinação final destes resíduos.

O objetivo do Brechó da construção é incentivar a reinserção dos resíduos reutilizáveis e recolher materiais aproveitáveis que sobram e não serão mais utilizados nas obras, em lojas e indústrias.

Estes materiais serão recolhidos no local da doação e encaminhados para a Central de Distribuição (Brechó), onde serão classificados, armazenados e a título de responsabilidade social, cedidos a preço simbólico, a famílias de baixa renda cadastradas, podendo assim melhorar as condições de suas moradias.

Tal iniciativa, tendo como parceiros entidades de cunho público, privado e religioso, vem ao encontro da necessidade de amenizar o sério problema da existência de habitações em condições precárias de muitas famílias.

3.7. ROTEIRO BÁSICO PARA ELABORAÇÃO DO PROJETO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

3.7.1 Informações Gerais

Identificador do empreendedor

Pessoa jurídica: Razão Social, Nome fantasia, endereço, CNPJ, responsável pela empresa (nome, telefone, fax e e-mail).

Pessoa Física: Nome, endereço, CPF, Documento de identidade.

Responsável Técnico pela Obra

Nome, CPF, endereço, telefone, fax, e-mail e CREA

Responsável Técnico pela Elaboração do PGRCC

Nome, endereço, telefone, fax, e-mail e inscrição no conselho profissional.

Equipe Técnica Responsável pela Execução do PGRCC

Nome, formação profissional e inscrição em conselhos profissionais

Caracterização do empreendimento

- a) Localização: endereço e indicação do local, utilizando base cartográfica em escala: 1: 10.000.
- b) Caracterização do sistema construtivo.
- c) Apresentação de planta arquitetônica de implantação da obra, incluindo o canteiro de obras, área total do terreno, área total construída e área de projeção da construção.
- d) Números totais de trabalhadores, incluindo terceirizados
- e) Cronograma de execução da obra

3.7.2 Demolições

Apresentar licença de demolição se for o caso

3.7.3 Elementos do Plano de Gerenciamento de Resíduos da IC.

Caracterização dos Resíduos Sólidos

Classificar os tipos de resíduos sólidos produzidos pelo empreendimento, adotando a classificação da resolução CONAMA 307/2002 (classes A, B, C e D, acrescida da Classe E: resíduos comuns, ou seja, de característica doméstica, considerados rejeitos.)

Estimar a geração média semanal de resíduos sólidos por classes e tipo do resíduo em Kg ou m³.

Descrever os procedimentos a serem adotados durante a obra para quantificação diária dos resíduos sólidos gerados, por classe/tipo de resíduo.

Minimização dos Resíduos

Descrever os procedimentos a serem adotados para minimização da geração dos resíduos sólidos, por classe.

Segregação dos Resíduos

Na origem: descrever os procedimentos a serem adotados para segregação dos resíduos sólidos por classe e tipo.

Nas áreas de triagem e transbordo. ATT: Identificar a área e o responsável.

Acondicionamento/ Armazenamento

Descrever os procedimentos a serem adotados para acondicionamento dos resíduos sólidos, por classe/tipo, de forma a garantir a integridade dos materiais.

Identificar, em planta, os locais destinados a armazenagem de cada tipo de resíduo.

Informar o sistema de armazenamento dos resíduos identificando as características construtivas dos equipamentos e/ou abrigos (dimensões, capacidade, volumétrica, material construtivo, etc.).

Transporte

Identificar os responsáveis pela execução da coleta e dos transporte dos resíduos gerados no empreendimento (nome, CGC, endereço, telefone): os tipos de veículos e equipamentos a serem utilizados, bem como os horários de coleta, frequência e itinerário.

No caso de transporte de terra e entulho, apresentar a licença de tráfego de veículo conforme art. 220 da lei 8616, de 14/07/2003, Código de Posturas.

Transbordo de Resíduos

Localizar em planta as unidades de transbordo, em escala 1:10.000.

Destinação dos resíduos

Indicar as unidades de destinação para cada classe/tipo de resíduo. Todas as unidades devem ser autorizadas pelo poder público para essa finalidade, indicando o responsável pela destinação dos resíduos (empresa contratadas).

3.7.4 Comunicação e Educação Ambiental

Apresentação do plano de comunicação e Educação Ambiental

Descrever as ações de sensibilização, mobilização e educação ambiental para os trabalhadores da construção, visando atingir às metas de minimização de desperdício, reutilização e segregação dos resíduos sólidos na origem bem como seus corretos acondicionamentos, armazenamento e transporte.

3.7.5 Cronograma de implantação do Plano de Gerenciamento de Resíduos da IC

Apresentar o cronograma de implantação do PGRCC para todo o período da obra, sendo no caso de grandes geradores, o PGRCC deverá se enquadrar nas situações a seguir descritas.

3.7.6 Grandes Geradores de Resíduos

Em empreendimento enquadrados na lei nº 7277, de 17 de janeiro de 1997, que instituiu a licença ambiental.

- i. Os destinados a usos não residenciais nos quais a área edificada seja igual ou superior a 6.000m².
- ii. Os destinados ao uso residencial que tenham mais de 150 unidades.
- iii. Os destinados a uso mistos em que o somatório da razão entre o número de unidades residenciais por 150 e da razão entre a área da edificação destinada ao uso não residencial por 6000m², seja igual ou superior a 1(um).
- iv. Os parcelamentos de solo vinculados, exceto os propostos para terrenos situados em zonas de especial interesse social, com área parcelada inferior a 10.000m² (dez mil metros quadrados).
- v. Os seguintes empreendimentos e os similares:
 - a. Aterros sanitários e usinas de reciclagem de resíduos sólidos.
 - b. Autódromos, hipódromos e estádios esportivos.
 - c. Cemitérios e necrotérios.
 - d. Matadouros e abatedouros.
 - e. Presídios.
 - f. Quartéis.
 - g. Terminais rodoviários e aeroviários.
 - h. Vias de tráfego de veículo com duas ou mais faixas de rolamento.
 - i. Ferrovias, subterrâneas ou de superfície.
 - j. Terminais de minério petróleo e produtos químicos.

- k. Oleodutos, gaseodutos, mineradutos, troncos coletores e eminaários de esgotos sanitários.
- l. Linhas de transmissão de energia elétrica, acima de 230 kV.
- m. Usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária acima de 10 megawatts.
- n. Usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária acima de 10 megawatts.
- o. Obras para exploração de recursos hídricos tais como barragens; canalizações de água, transposição de bacias e diques.
- p. Estações de tratamento de esgotos sanitários.
- q. Distritos e zonas industriais.
- r. Usinas de asfalto.

3.8 PERDA E DESPERDÍCIO DE MATERIAIS NA IC

A questão das perdas em processos construtivos vem sendo tratada de forma suficiente no Brasil, em processo de pesquisa cada vez mais abrangente, sendo aceitável a afirmação de que para a construção empresarial a intensidade de perda é considerada como perda a quantidade de material sobre utilizada em relação as especificações técnicas e as especificações de projeto, podendo ficar incorporada ao serviço ao transformar-se em resíduo. Se situa entre 20 e 30% da massa total de materiais, dependendo do patamar tecnológico do executor (PINTO, 1984). A importância de detectar a importância de uma faixa de valores para as perdas foi reforçada pela pesquisa nacional “Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra”, promovida pelo ITQC – Instituto Brasileiro de Tecnologia e qualidade na construção civil, com recursos da FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos, tendo envolvido 16 universidades brasileiras e pesquisando o fluxo de materiais em 99 diferentes canteiros de obra (SOUZA et al, 1998).

Na mesma tabela 7 são apresentados, também, os resultados obtidos em duas outras pesquisas anteriores sobre o mesmo tema.

Tabela 7 - Perda de materiais em processos construtivos convencionais, conforme pesquisa nacional em 12 estados e pesquisas anteriores.

| Materiais | Pinto (1) | Soibelman (2) | FINEP/ ITQC |
|------------------|------------------|----------------------|--------------------|
| Concreto usinado | 1.5% | 13% | 9% |
| Aço | 26% | 19% | 11% |
| Blocos e Tijolos | 13% | 52% | 13% |
| Cimento | 33% | 83% | 56% |
| Cal | 102% | -- | 36% |
| Areia | 39% | 44% | 44% |

Fonte:

- (1) Valores de uma obra (PINTO, 1989)
- (2) Média de cinco obras(SOILBEKMAN, 1993)
- (3) Mediana de Diversos Canteiros (SOUZA, et AL., 1998)

A existência de uma continuidade de procedimentos entre essas pesquisas coloca a pesquisa brasileira em uma posição de destaque no tema. Cumpre ressaltar que a primeira pesquisa, de 1989, mostrou a possibilidade e a importância de investigar-se essa temática; a segunda de Soibelman e colaboradores em 1993, lançou os parâmetros da metodologia de investigação e revelou a variabilidade dos dados obtidos; a terceira pesquisa, trabalho de 16 universidades coordenadas pela EPUSP- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo entre 1996 e 1998, consolidou a metodologia e imprimiu dimensão numéricas ao conjunto dos dados coletados.

Segundo Souza⁶, as informações coletadas apontam uma estimativa média de 27% de perda em massa no universo de obras estudadas. É importante ressaltar, que devido à variabilidade das situações diagnosticadas, os agentes construtores devem ter sua atenção voltada para o reconhecimento de seus índices particulares, seu patamar tecnológico, buscando investir em melhorias para conquistar competitividade no mercado e racionalidade no uso dos recursos não renováveis.

⁶ Souza (1999). Relato no Simpósio Nacional – Desperdício de materiais nos canteiros de obras.

Quanto ao resultado dessas pesquisas, a expectativa que pode ser traçada é a de que existe coincidência entre os materiais com maiores índices de perda e a composição dos resíduos deslocados dos canteiros de obra.

Os dados desta tabela 8 indicam a diversidade da composição nas diversas localidades, decorrente da tradição construtiva e do local de coleta das amostragens, resíduos gerados, em qualquer das localidades, é formada por parcelas recicláveis.

Tabela 8 - Composição dos resíduos de construção e/ou demolição em diversas localidades (%)

| Composição percentual (discriminação conforme as fontes) | Composição dos RCD em obras brasileiras típicas (1) | Composição típica RCD em Hong Kong (2) | Composição típica dos RCD na Bélgica (3) | Composição típica dos RCD em Toronto (4) |
|---|--|---|---|---|
| Argamassa | 64,0 | -- | -- | -- |
| Asfalto | -- | 2,2 | -- | -- |
| Materiais asfálticos | -- | -- | 10,2 | -- |
| Concreto | 4,2 | 31,2 | 38,2 | -- |
| Alvenaria | -- | -- | 45,2 | -- |
| Madeira | 0,1 | 7,9 | 2,1 | 34,8 |
| Entulho, agreg. e cerâmicos | -- | -- | -- | 24,1 |
| Entulho | -- | 7,7 | -- | -- |
| Componentes cerâmicos | 11,1 | -- | 2,9 | -- |
| Blocos de concreto | 0,1 | 0,8 | -- | -- |
| Tijolos | 18,0 | 5,2 | -- | -- |
| Ladrilhos de concreto | 0,4 | -- | -- | -- |
| Pedra | 1,4 | 11,5 | -- | -- |
| Areia | -- | 3,2 | -- | -- |
| Cimento amianto | 0,4 | -- | -- | -- |
| Gesso | -- | -- | 0,2 | -- |
| Metais | -- | 3,3 | 0,2 | 7,7 |
| Vidro | -- | 0,3 | -- | 2,8 |
| Papel cartão | -- | -- | -- | 4,3 |
| Papel | -- | -- | -- | 3,5 |
| Papel e orgânicos | 0,2 | -- | -- | -- |
| Outros Orgânicos | -- | 1,7 | -- | 0,6 |
| Plástico | -- | -- | 0,4 | 2,5 |
| Tubos plásticos | -- | 0,6 | -- | -- |

| | | | | |
|---------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Acessórios | -- | 0,1 | -- | -- |
| Têxteis | -- | -- | -- | 0,7 |
| Borracha e couro | -- | -- | -- | 0,5 |
| Finos | -- | -- | -- | 1,9 |
| Outros Mat. De construção | -- | -- | -- | 16,6 |
| Solo | 0,1 | -- | -- | -- |
| Lixo, solo e barro | -- | 23,8 | -- | -- |
| Bambu e árvores | -- | 0,4 | -- | -- |
| Sucata | -- | 0,1 | -- | -- |
| Outros | -- | -- | 0,6 | -- |
| TOTAL | 100 | 100 | 100 | 100 |

Fonte:

- (1) Dados coletados em canteiros de obras convencionais em São Carlos/ SP (PINTO, 1986) e Santo André/ SP (I&T, 1990).
- (2) Dados coletados na área de destinação final (HONG KONG PLYTECHNIC, 1993)
- (3) INSTITUT BRUXELLOIS POUR LA GESTION DE L'ENVIRONNEMENT, 1995.
- (4) Dados coletados na Área de destinação final (SWANA, 1998)

Esta afirmativa é referenciada, ainda, pelos dados disponíveis para a comunidade Européia, que estima países uma presença média de 45 % de componentes de alvenaria e vedação, 40% de concreto, 8% de madeira, 4% de metal e 3% de papel, plásticos e outros materiais (ITEC, 1995), com o predomínio dos resíduos de precedência mineral na maioria dos países (PERA, 1996).

Os dados da primeira coluna da tabela 9 indicam que nos canteiros de obra brasileiros, acontece um processo de aproveitamento das aparas de materiais como papel, metálicos, plásticos e parte da madeira, que têm valor comercial imediato e serão encontrados nos resíduos de construção quantidades menores que as realmente geradas.

A tendência, não só nos países mais desenvolvidos, mas também no Brasil é de um rápido incremento da participação dos resíduos se embalagens de materiais e componentes industrializados, em detrimento dos resíduos de natureza mineral. Dados disponíveis para a Catalunha indicam que a composição desses resíduos perigosos (produtos ácidos, inflamáveis e outros), mas esse aspecto não deve ser ignorado, dotando-se esta parcela dos procedimentos e tratamentos adequados.

Há que se observar, ainda que, nos resíduos analisados em obras brasileiras típicas, ocorre uma grande predominância dos gerados em demolição, em função do desenvolvimento recente nas áreas urbanas.

Nos países já desenvolvidos, onde as atividades de renovação de edificação, infraestrutura e espaços urbanos são mais intensos, os resíduos provenientes de demolições são mais freqüentes ainda; dados da EDA – *European Demolition Association*, projetavam para o ano de 2000 a geração de 215 milhões de toneladas na Europa Ocidental, das quais 175 milhões (80%) provenientes de demolições e 40 milhões de novas construções (PERA, 1996).

A disponibilidade desses dados, no Brasil, só acontece para a construção residencial em edifícios, não havendo ainda estudo sistemático sobre a intensidade das perdas em outras tipologias de construção (reformas, autoconstruções, construções industriais, obras viárias, etc.). E deve ser ressaltado que a construção empresarial, no cenário atual, tem cada vez menos espaço para a convivência com um elevado percentual de perdas detectado e com o desperdício de recursos naturais não renováveis, tanto por injunções econômicas, quanto ambientais.

A questão dos resíduos sólidos está na ordem do dia em função do crescimento da população urbana, nos últimos decênios e do adensamento das cidades, nos últimos anos, imprimindo a necessidade do lançamento das bases de metodologia mais modernas para a sua gestão.

É notório que os RCD são de baixa periculosidade, mas o que as informações analisadas confirmam é que seu impacto se dá muito mais pelo excessivo volume gerado, mostrando que os municípios brasileiros de médio e grande porte vivem situações similares à das áreas urbanas densas da comunidade Européia, Japão e América do Norte. E confirmam que é imprescindível o reconhecimento preciso dos volumes gerados, pois, também, no Brasil, no último período vem ocorrendo significativa elevação dos RCD, tal como incremento de 275% (HONG KONG, 1993) e nos EUA no período 1986-1996 com incremento de 430% (DONOVAN, 1991, C&D DEBRIS RECYCLING, 1998). As municipalidades não estão estruturadas para o gerenciamento de volume tão significativo de resíduos, e para o gerenciamento dos inúmeros problemas por eles criados.

As soluções atualmente adotados na imensa maioria dos municípios são sempre emergenciais e, quando rotineiras, tem sempre significado atuações em que os gestores se mantêm como coadjuvantes dos problemas, conformando uma prática que pode ser denominada de gestão corretiva.

A gestão corretiva caracteriza-se por englobar atividades não preventivas, respectivas e custosas das quais não surtem resultados adequados, por isso, profundamente ineficientes. A

gestão corretiva se sustenta na “inevitabilidade” de áreas com deposição irregulares degradando o ambiente urbano e se sustenta enquanto houver a disponibilidade de áreas de aterramento nas proximidades das regiões fortemente geradoras de RCD.

Além disso, acarreta efeitos “perversos”, na medida em que a prática contínua de aterramento de volumes tão significativos elimina progressivamente as áreas naturais nos ambientes urbanos (várzeas, vales, mangues e outras regiões de baixada), que servem como escoadouro dos elevados volumes de água impermeabilizadas.

Assim, a pressão da alta geração de RCD encontra municipalidades desaparelhadas que só tem a ineficácia da gestão corretiva como solução e não contam com o suporte de políticas de centrais e usinas de reciclagem, e que só recentemente buscam incorporar preocupações com os resíduos sólidos (RCD, mas ainda não detectaram o potencial de geração de subprodutos advindos dos RCD).

Por todos esses aspectos, pode-se caracterizar a gestão corretiva como uma prática sem sustentabilidade e que a sua ineficiência impõe a necessidade da definição de novas políticas específicas para os RCD, e que, como destacado por CAVALCANTI (1996), considera que o “meio ambiente deve ser encarado como condição primária das atividades humanas de seu progresso, e de sua sustentabilidade”.

O fluxo irracional e descontrolado dos RCD, típico do processo de gestão corretiva, advém das características dos agentes envolvidos, pequenos e grandes geradores e pequenos e grandes coletores.

A existência da geração de RCD em pequenos volumes, em serviços quase sempre qualificáveis como construção informal, por se constituem predominantemente de atividades de reforma e ampliação.

Inexistindo soluções para a capacitação dos RCD gerados nessas atividades construtivas, inevitavelmente, seus geradores ou os pequenos coletores que as atendem, buscam áreas livres nas proximidades para efetuar a deposição dos resíduos. Havendo ou não a aceitação da vizinhança imediata, essas áreas acabam por se firmar como sorvedouros dos RCD, num “pacto” local, atraindo por fim, todo e qualquer tipo de resíduo para o qual não se tenha solução pública, num processo cíclico que não pode ser interrompido.

Fatores diversos condicionam uma maior ou menor incidência da incorreção em cada município: capacidade fiscalizadora e gerencial, existência de áreas suficientes para disposição correta e etc. Mas a característica comum entre todos os centros urbanos

diagnosticados é a detecção de um elevado número de áreas que sempre primam pela extrema degradação ambiental.

As características típicas das deposições irregulares resultante da deposição irregulares resultante da inexistência das soluções para captação dos RCD é a conjugação de efeitos deteriorantes do ambiente local: comprometimento da paisagem, do tráfego de pedestres e de veículos, da drenagem urbana, atração de resíduos não-inertes, multiplicação de vetores de doenças e etc. Tais efeitos danosos se multiplicam pelo espaço urbano, sendo comum nos municípios à presença mais constante e acentuada dos efeitos nos bairros mais periféricos, ocupados pela população de menor renda.

Quando ao quadro de destinação de grandes volumes dos RCD mais comumente encontrado nos municípios de médio e grande porte é a disposição destes em aterros de inertes, também denominados de “bota-foras” são áreas de pequenos e grande porte, privadas ou públicas que vão sendo designadas oficial ou oficiosamente para a recepção dos RCD e outros resíduos inertes. A designação dessas áreas pela administração pública se faz necessária pelo fato da ampla maioria das leis orgânicas municipais prever a destinação dos resíduos.

A oferta dessas áreas por agentes privados se faz em função principalmente do interesse de planificá-las e, com isso, conquistar valorização no momento de sua comercialização.

O distanciamento crescente dos bota-foras mais próximos induz atualmente um processo de seleção natural entre os coletores, dificultando a atração daqueles que encontram maior dificuldade de acessar áreas de deposição.

O distanciamento e esgotamento crescente dos bota-foras é fator complicador para as ações corretas de coleta e deposição dos RCD, pois, o componente “deslocamento” é parcela importante no custo de coleta.

Soma-se a isso o fato de que, nas regiões metropolitanas, o rareamento das áreas de bota-fora introduz nas áreas ativas a cobrança de taxa para o descarte de resíduos.

A cobrança de taxas de descarte nos sistemas de aterro varia em função de uma série de fatores, e entre eles certamente estão as características dos resíduos (ser ou não inertes) e sua periculosidade. Já os impactos em relação a drenagem urbana são mais extensos, ocorrendo desde a drenagem superficial, até a obstrução de córregos, um dos componentes mais importantes do sistema de drenagem.

Originam-se então impactos imediatos, como a necessidade de desobstrução contínua do sistema ou perdas decorrentes de enchentes que se tornam inevitáveis.

A análise dos problemas de enchentes nos municípios de médio e grande porte permite detectar que, com poucas exceções, eles se devem a ocupação urbana das zonas de importantes cursos d'água, sendo muito freqüente o pré-aterramento dessas áreas com a deposição de RCD.

A irracionalidade da situação se revela mais fortemente quando se observa que os municípios que passaram por processo intenso de urbanização vêm sendo obrigados a investir em custosas obras de contenção e preservação temporária de elevados volumes de água para suprir o papel que as áreas naturais anteriormente cumpriam.

Ressalte-se, ainda, que nas áreas de destinação (botas-fora) vêm se detectando a presença de resíduos industriais, que revelam percentuais significativos de RCD sendo recolhidos. A deposição irregular de parcelas de resíduos industriais em botas-fora, que também pode acontecer com resíduos tipicamente orgânicos, é incentivada pelo diferencial de preços para descarte.

Há outros impactos significativos decorrentes da elevada geração de RCD, de sua deposição irregular e da atuação que as deposições de RCD passam a exercer sobre outros tipos de resíduos sólidos.

A presença dos RCD, juntamente com outros resíduos não inertes, cria um ambiente propício para a proliferação de fatores prejudiciais às condições de saneamento e à saúde humana; é comum nos bota-foras e locais de deposições irregulares a presença de roedores, insetos peçonhentos (aranhas e escorpiões) e insetos transmissores de endemias perigosas, como a dengue.

É, portanto, intrínseca a ocorrência de fortes e descontrolados impactos no ambiente urbano, geradores de custos sociais interligados- pessoais ou públicos, que demonstram a necessidade de intervenção que aponte para o traçado de novos métodos para a gestão pública dos resíduos de construção e demolição.

Ressalte-se, ainda, que uma parcela significativa dos custos as gestão dos RCD e outros resíduos sólidos, que comumente com eles são descartados, deve ser debitada ao uso de equipamentos absolutamente inadequados, sendo costumeiro os gestores da limpeza pública recorrem a equipamentos pesados, pás carregadeiras e caminhão basculantes para a remoção de resíduos poucos densos, por falta de outras alternativas, que revela a típica e prejudicial

miscigenação dos diversos tipos de resíduos sólidos- baixa ou elevada densidade, pequeno ou grande volume unitário.

A remoção dos RCD e outros resíduos sólidos, como os volumosos, podem ser feita ainda no âmbito de contratos e prestação de serviços que tem como foco central a coleta e destinação te levado algumas municipalidades a desenvolverem ações especiais como operações “Cata-treco”, “Cata-bagulho”, “Bota-fora”, e outras denominações.

Tais operações têm se mostrado insustentáveis tanto pelo custo final elevado da remoção, quanto pela necessidade de envolvimento contínuo de uma grande frota de veículos das municipalidades.

No entanto, tais valores revelam apenas custos apropriáveis, não expressando o fato de que “a deterioração causada pelos impactos ambientais não pode ficar fora do calculo econômico como uma externalidade, especialmente para fins de políticas de governo, uma vez que a perda ambiental configura um prejuízo real, físico” enquanto “destruição do capital da natureza” (CAVALCANTE et al, 1996)

3.9. A RECICLAGEM DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO E O USO DE RECICLADOS

A elevada geração dos resíduos sólidos, determinada pelo acelerado desenvolvimento da economia neste século, coloca como imperativo e inevitável a adesão às políticas de valorização dos RCD e sua reciclagem, nos países desenvolvidos e em amplas regiões dos países em desenvolvimento e em amplas regiões dos países em desenvolvimentos.

Os processos de gestão dos resíduos em canteiro, de sofisticação dos procedimentos de demolição, de especialização no tratamento e reutilização dos RCD, vão conformando um respeitável e sólido ramo da engenharia civil, atento à necessidade de usar parcimoniosamente recursos que são finitos e à necessidade de não sobrecarregar a natureza com dejetos evitáveis.

Historicamente, a atividade construtiva sempre se caracterizou como grande geradora de resíduos e também como potencial consumidora dos resíduos gerados por ela mesma ou por outras atividades humanas de transformação, como é o caso do asfalto e produtos betuminosos, que são subprodutos da atividade refinadora de petróleo.

A reciclagem de resíduos da própria construção é praticada há milênios, sendo comuns na história das civilizações antigas exemplos de resíduos de construções de um determinado período histórico (vias romanas, igrejas renascentistas) constituírem base usada por edificações do período seguinte (INSTITUT DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓ DE CATALUNYA – ITEC, 1995).

No período mais recente, na Alemanha, em torno de 1860, há notícias do uso de blocos de concreto britado como agregado para novos produtos de concreto. Os primeiros estudos sistemáticos sobre as características dos agregados reciclados tem início neste mesmo país, em 1928. No entanto, uso significativo de RCD reciclado somente veio acontecer após a Segunda Guerra Mundial, como resposta a necessidade de remover os escombros das cidades européias (SCHULZ; HENDRICKS, 1992).

A então República Federal da Alemanha herdou da guerra um volume entre 400 a 600 milhões de metros cúbicos de escombros, dos quais foram reciclados cerca de 11,5 milhões de metros cúbicos, que possibilitaram a produção de 175.000 unidades habitacionais até o ano de 1995 (SCHULZ; HENDRICKS, 1992).

Num segundo momento, passam a se interessar pela reciclagem dos RCD os países e regiões da Europa que tem deficiências na oferta de materiais granulares: Holanda, Dinamarca, Bélgica e regiões da França (ITEC-1995).

Pode-se caracterizar a ocorrência hoje em dia de um terceiro momento, em que os interesses de diversos países e regiões, em vários continentes, estão ancorados também na necessidade de solucionar o destino de expressivos volumes de RCD gerados em regiões urbanas cada vez mais adensadas.

Resultado das necessidades anteriormente descritas, a reciclagem de RCD foi implantada e consolidou-se na Europa Ocidental, Japão e EUA.

Para a Comunidade Européia é estimada a geração anual de 500 milhões de toneladas de RCD (IUBR – 1995), somatória de gerações elevadas como a da Alemanha e outras bem menos significativas, como na Bélgica e Suíça, países de menor área territorial. Em praticamente todos os países-membros existem instalações de reciclagem de RCD, normas e políticas específicas para esse tipo de resíduo, desenvolvendo-se no período do mais recente esforço de consolidação de normativa única para toda a comunidade européia. Alguns objetivos e resultados exemplificadores dos esforços realizados:

- Alemanha definir como objetivo de política de governo a elevação do número de instalações de reciclagem no país, das 550 existentes em 1992, para 1.000 no ano 1998 (NORDBERG, NEWS).
- A França definiu para o ano 2000 a meta de reciclar 50% dos RCD gerados (MOREL, LAURITZEN, 1994)
- A Suíça traçou para 2000 o objetivo de quintuplicar o volume de RCD a ser , reciclado, como parte do esforço de redução em 25% do material levado o aterramento em 1990 (MILANI, 1990) .
- A Holanda e a Dinamarca no início da década de 90 já reciclavam 60% dos RCD gerado abastecendo 10% do mercado de agregados com estes produtos (NORDBERG NEWS)
- O Reino Unido também abastece 10 % do mercado de agregados com produtos reciclados e é política de governo ampliar essa taxa, em função do considerável potencial do mercado (COLLINS, 1998)

Também no Japão avanços significativos, vêm sendo obtidos no último período, pois somente na década de 80 observou-se a geração nacional de RCD saltar de 30,4 para 83,6 milhões de toneladas anuais. Sob as diretrizes da lei de reciclagem em 1998, o Japão estava reciclando 22% dos RCD gerados; esse percentual era inferior, em 50%, ao percentual obtido no conjunto dos outros setores industriais (HONG KONG, 1993), mas já era equivalente à meta traçada pela Suíça para o ano 2000.

Em 1991, em Tóquio já existiram 12 instalação de reciclagem, operando com equipamento de origem alemã, exclusivamente para a reciclagem de concreto, processando 10.000 toneladas/dia e gerando novos produtos a custo inferior ao dos agregados convencionais (HONG KONG, 1993), para uso principalmente em obras viárias (FASAI, LAURITZEN, 1994). Em função das diretrizes nacionais, que prevêm claramente o papel governamental e a necessidades de combater a deposição ilegal e descontrolada, o ministério da construção tem incentivado estudos e medidas legais para reutilização de reciclados. O Japão é reconhecido, nos simpósios internacionais, como o país mais adiantado em técnicas de demolição adequadas à necessidade de gestão do meio ambiente. (LAURITZEN, 1994).

Em 1996, foi estimada, nos EUA, a existência de 1800 instalações de reciclagem em operação no país, 1000 delas processando asfalto, 500 processando madeira e 300 operando

com resíduos misturados. Para 1998, num intervalo, portanto de dois anos, a estimativa traçada é a de que o número de instalações processadoras tenha praticamente dobrado, para um total de 3500 em todo o país (YOST, 1998).

A composição dos RCD, provenientes das atividades construtivas de edifícios, relatada pela EPA, varia em função das suas construtivas, sendo dominante a madeira nos resíduos gerados nas novas construções e dominante a concreto nos processos de demolição (LEE, apud C&D, 1998).

Há, no Hemisfério Norte, dezenas de fabricantes de equipamento para a reciclagem de RCD, sendo que praticamente todos são antigos produtores europeus de equipamentos para a mineração, processo ao qual muito se assemelha a reciclagem.

Atualmente, todos os grandes fabricantes tem produtos específicos para reciclagem (Kleemam- Reiner, Hazemag, Nordberg, Suedala, Ratzinger, Tellsmith e Outros) e vários deles tem parcela importante de sua produção (até 25%) já dirigidas ao mercado de reciclagem de RCD. São soluções fixas ou móveis, geralmente concebidas, como usual na atividade mineradora, para produção diárias elevadas.

Em geral, nos países desenvolvidos, podem ser distinguidos dois tipos de instalação de reciclagem: as que produzem agregados para todo tipo de aplicação e as que produzem agregados para uso específico em concreto, o que as faz possuir controle de qualidade mais estrito (ITEC, 1995).

3.9.1 Reciclagem no Brasil - possibilidades

A reciclagem dos resíduos de construção e demolição no Brasil é bastante recente, mas vem chamando a atenção dos gestores urbanos pelas possibilidades que apresenta enquanto solução de destinação dos RCD e solução para a geração de produtos a baixo custo.

Os primeiros estudos sistemáticos foram realizados a partir de 1983 (PINTO, 1996), ocorrendo na sequência os estudos de SILVEIRA (1993), ZORDAN (1997), LEVY (1997), LATERZA (1998) e LIMA (1999), além de uma série de outros estudos pontuais em várias instituições de pesquisa do país.

Paralelamente a esses estudos, entendeu-se bastante rapidamente a partir do início da década de 80, o uso de “maseiras – moinho”, equipamento de pequeno porte para uso exclusivo em obras de edificações, também conhecidos como moinhos de galgas dos quais já

foram produzidos 700 unidades no Brasil. Esse equipamento propicia moagem intensa de resíduos menos resistentes, principalmente os de alvenaria e argamassas, possibilitando sua reutilização em serviços de revestimento da própria edificação em produção. O resultado de seu uso é bastante positivo, tanto pela indução ao gerenciamento dos resíduos na obra, como pela redução dos custos das perdas nos processos construtivos, o que propicia rápida amortização do investimento e é positivo, inclusive, por contribuir para a minoração do impacto nas áreas urbanas.

Já a experiência brasileira com equipamentos de maior porte é mais recente, tendo se iniciado em 1991 e expandido para uma série de municípios, com a implantação das instalações acontecendo em alguns deles como resultado de planos de gestão dos RCD e em outros, como mera aquisição de equipamentos descoordenada de um planejamento de ações, o que inevitavelmente compromete os resultados a serem alcançados, eliminando em alguns casos qualquer impacto positivo da presença das instalações de reciclagem.

A tabela 9 apresenta informações sintéticas sobre as instalações operantes em municípios brasileiros.

Tabela 9 – Perfil de algumas instalações de reciclagem

| Município | Início Atividade | Tipo de britador | Situação atual |
|------------------------------|-------------------------|-------------------------|---|
| São Paulo / SP | 1991 | Impacto | Opera intermitentemente com produção máxima diária de 180 t |
| Belo Horizonte / MG Estoril | 1995 | Impacto | Opera continuamente com produção média diária de 119 t |
| Belo Horizonte / MG Pampulha | 1996 | Impacto | Opera continuamente com produção média diária de 87 t |
| Ribeirão Preto/ SP | 1996 | Impacto | Opera continuamente com produção média diária de 95 t |
| S. José dos Campos / SP | 1996 | Impacto | Desativada |
| Piracicaba / SP | 1997 | Mandíbulas | Opera continuamente |
| Londrina / PR | 1994 | Mandíbulas | Opera intermitentemente |

(1) Toneladas por hora – unidade de produção em britagem.

Pelos dados da tabela anterior torna-se patente, além da essencialidade do planejamento prévio à introdução das instalações, a importância da gerência do processo de reciclagem, um dos fatores de explicação do desempenho diferenciado de instalações de mesmas características. O traço comum entre as instalações brasileiras que ofereceram

sucesso, pelo volume de material que vêm processando e pelo impacto ambiental que eliminam, é o fato de terem sido originadas de processos iniciados com quantificações precisas, reconhecimento de fluxos e atores inseridos (Belo Horizonte, 1993 e Ribeirão Preto, 1995).

A pequena intensidade da atividade de demolição nas cidades brasileiras faz com que tipicamente, os RCD gerados se apresentam com pequena dimensão permitindo, com isso, a utilização de equipamentos de menores dimensões, menor capacidade de produção, menores custos e com capacidade de adequação à intensidade de geração nos municípios de médio e grande porte. A partir da capacitação dos produtos brasileiros, é possível afirmar-se não haver qualquer dificuldade tecnológica para a produção dos equipamentos típicos das instalações de reciclagem.

Como todas as instalações de reciclagem brasileiras são controladas pelo poder público ou autarquias locais torna-se complexa a determinação do custo operacional em cada uma delas. No entanto, a consideração criteriosa dos componentes necessários – custos de manutenção e reposição, provisão de água. Força e luz, custos de mão-de-obra, juros, amortização, equipamentos para manejo interno – tem apontado para valores na ordem de R\$ 5,00 por tonelada processada.

A viabilização da reciclagem dos RCD em um centro urbano é resultado de uma série de fatores, dos quais certamente um dos mais importantes é sua viabilidade econômica em confronto com os preços dos agregados naturais. Os estudos que vêm sendo desenvolvidos no Brasil nas décadas de 80 e 90 já dão sustentação suficiente para a disseminação dos procedimentos de reciclagem como alternativa de destinação dos RCD para um número maior de centros urbanos.

Mas certamente precisam ser aprofundados, ampliando-se as possibilidades de reutilização segura, para que mais municípios de médio e grande porte possam se aproximar de um “sistema de ciclo fechado” para materiais da construção (SCHUZZ apud LAURTIZEN, 1994).

A investigação sobre o uso dos RCD em obras de pavimentação foi iniciada por técnicos da prefeitura municipal de São Paulo no ano de 1989, tendo sido baseada em metodologias que consideram as características específicas dos solos tropicais típicos (BODI, 1995). Os resultados obtidos possibilitam a compreensão de que existe a viabilidade

econômica para a consideração da reciclagem dos RCD como plataforma para a construção de novos métodos de sua gestão nos ambientes urbanos.

3.9.2 Uso de reciclados

Os países desenvolvidos vêm consolidando o uso de RCD reciclado como material de enchimento para a preparação de terrenos, para projetos de drenagem, para a sub-base de vias e estradas, e como agregado para a produção de novo concreto (HANSEN, 1992), sendo este último o uso em menor volume. Mas também para o autor, tal qual já ocorre há décadas para os primeiros citados, não há aspectos técnicos que ofereçam obstáculos significativos à aplicação dos RCD reciclados. Substituirão sempre os condicionantes econômicos locais, hídricos da região geradora, oriunda de fatores diversos como custo de agregados naturais, valor das taxas de deposição em aterros, custos de transporte, suporte pelas políticas governamentais locais e outros.

Nos países onde a reciclagem está mais consolidada a utilização dos elementos e materiais recuperados da construção é muito diversificada, estando porém, sempre de acordo com as injunções de mercado e com a sofisticação dos métodos de obtenção dos resíduos, vale dizer: métodos de gerenciamento de resíduos em canteiro de demolição e de processamento na reciclagem.

Tal diretiva é válida também para países, como Brasil, que recentemente iniciam suas experiências com a gestão dos RCD e sua reciclagem.

Os estudos brasileiros para a utilização de RCD reciclado em argamassas e concreto vêm avançando nos últimos anos, corroborando, no caso das argamassas, o uso já bastante significativo desse material por de empresas construtoras do país.

As verificações do comportamento dos RCD na produção de concreto para uso enquanto massa ou para produção de artefatos são mais recentes e, coerente com os resultados em composição com baixo consumo de aglomerante, quando os agregados miúdos e graúdos são substituídos integralmente pelo reciclado (PINTO, 1995. ZORDAN, 1997).

Estudos mais detalhados sobre o comportamento dos RCD em concreto ainda deve ser feitos, para que se imprima segurança a um tipo de utilização concreto de média resistência, para o qual certamente há demanda no Brasil.

Os esforços devem estar focados na ampliação e consolidação do rol de aplicações para resíduos, pois cada uma dessas aplicações constitui importante apoio à alteração dos graves problemas gerados pelos RCD nas áreas urbanas.

As colocações feitas anteriormente demonstram que, num cenário de acentuada geração de RCD e de inexistência de políticas centrais que criem estruturas de apoio adequadas, as municipalidades de médio e grande porte têm adotado, nos últimos anos, soluções meramente emergenciais, que não evitam significativos impactos ambientais e o desperdício de recursos elevados.

Os impactos ambientais e econômicos são a decorrência da inexistência de solução para o descarte correto e para a captação racional dos resíduos constituindo um processo que não pode ser interrompido, na qual os gestores urbanos balizam suas ações em profundo desconhecimento dos volumes reais de resíduos sólidos gerados e relacionam-se com importantes agentes do processo como apenas potenciais infratores.

A gestão praticada nos municípios não se antecipa aos eventos deterioradores do ambiente urbano e tem sua sustentabilidade cada vez mais comprometida, conforme o esgotamento inexorável das áreas para a disposição final dos RCD. As ações dos gestores da limpeza urbana nesses municípios, apesar de infrutíferas, têm que se manter incessantes dentre ao grande volume de RCD que continua e continuará sendo gerado nas áreas urbanas em expansão ou renovação.

Deve-se ser ressaltado o contínuo e inevitável descumprimento, pelas municipalidades e seus gestores, das diretrizes estabelecidas nos documentos legais em vigor.

De fato, as leis orgânicas municipais prevêm a responsabilidade municipal pelas soluções de limpeza, destinação de resíduos, a preservação do meio ambiente, e a lei 9605 de 1998 (lei Federal do Meio Ambiente) classifica como crime ambiental procedimentos (mesmo que de omissão administrativa) que são comuns nos municípios brasileiros de médio e grande porte.

Por todos esses aspectos, pode-se afirmar que a situação que caracteriza os municípios brasileiros de médio e grande porte é, em todos os sentidos, indesejável, fruto de uma prática de gestão ineficiente e insustentável, impondo a necessidade de novas políticas específicas para o domínio dos resíduos de construção e demolição.

O exemplo de outros países com o acúmulo de experiências nessa questão demonstra o imprescindível papel da reciclagem dos RCD como nova solução de destinação e de alteração do comportamento dos agentes sociais envolvidos.

3.9.3 Impurezas na Composição de RCD

Conforme Lima (1999, p.53) e Hansen (1992, p.45), 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. De forma geral, o agregado reciclado pode conter teores significativos de materiais que podem ser considerados impurezas. A determinação de quais materiais são impurezas e quais os teores destes materiais são admissíveis depende do uso pretendido para o agregado reciclado.

A proposta do B.S.C.J. (1977, apud HANSEN, 1992, p.46) apresenta limites para impurezas contidas nos agregados reciclados. A seguir são discutidas algumas destas impurezas, quais sejam: matéria orgânica, material betuminoso, gesso, vidro, metais e cloretos.

Os concretos produzidos com agregados reciclados contaminados com solos argilosos ou matéria orgânica podem sofrer redução das resistências mecânicas, ou instabilidade dimensional quando expostos a ciclos de gelo/degelo ou umedecimentos/secagem, sendo que, este tipo de contaminação pode atingir indistintamente agregados naturais e reciclados (HANSEN, 1992, p.48). O B.S.C.J. (1977, apud HANSEN, 1992, p.48) propõe como limite o valor de 2 kg/m³ para substâncias de densidade inferior a 1200 kg/m³, correspondendo a aproximadamente 0,15% da massa de agregado. Entretanto, materiais orgânicos são relativamente leves, sendo interessante observar sua presença em volume. A presença de matéria orgânica pode ainda acarretar aumento do tempo de início de pega e, diminuição da resistência inicial do concreto, devido a formação de bolhas de ar internas à mistura. Os ácidos orgânicos, formados pela existência de matéria orgânica, combinam-se com o hidróxido de cálcio liberado na hidratação do cimento, diminuindo o pH da solução de contato com estes compostos, ou da sua adsorção pelas partículas de cimento, retardando e impedindo a sua posterior hidratação (DESSY et al., 1998 apud LEITE, 2001, p.78).

A presença de material betuminoso no agregado reciclado reduz a resistência do concreto produzido (LEITE, 2001, p.26), e contribui para uma grande quantidade de incorporação de ar ao concreto. Hansen (1992, p.47) corrobora com esta indicação afirmando que o betume reduz a resistência à compressão do concreto. Substâncias orgânicas podem levar à instabilidade do concreto e introduzir quantidades de ar indesejáveis no concreto. A adição de 30% em volume de asfalto no agregado reciclado reduz a resistência à compressão em aproximadamente 30% (B.S.C.J., 1977; FERGUS, 1981, apud HANSEN, 1992, p.47).

Um dos materiais mais prejudiciais no agregado reciclado é o gesso, devido à formação que é altamente expansiva, provocando fortes tensões internas que podem fissurar o concreto ou argamassa (LIMA, 1999, p.54; LEITE, 2001, p.26). Hansen (1992, p.48) coloca que várias normas limitam a presença de sulfato em 0,5% da massa do agregado ou 4% da massa de cimento incluindo o sulfato presente no cimento. Recomenda ainda, o uso de cimento resistente a sulfato quando o agregado reciclado apresentar gesso.

Para Gallias (1998, apud ANGULO 2000, p.29), teores de 0,3% a 0,8% de sulfato (em massa) não produzem efeitos significativos na resistência mecânica e na expansão, porque grande parte dos sulfatos vem dos cimentos hidratados na matéria-prima. No entanto, impurezas de gesso superiores a 1% da massa causam expansão significativa em argamassas.

O teor de vidro deve ser limitado, pois este material pode levar a reações álcali-silica quando em contato com o cimento na presença de umidade, mesmo que se utilize cimentos com baixo teor de álcalis (HANSEN, 1992, p.52). Para que ocorram reações deletérias é necessária a existência de agregados reativos, elevadas concentrações de álcalis nas soluções intersticiais e umidade superior à 80% (QUEBAUD, 1996 apud LEITE, 2001, p.27). Conforme Meyer et al. (1997, apud ANGULO 2000, p.30), as características que influenciam nas reações álcaliagregado são o tamanho das partículas de vidro, o tipo de vidro e a coloração do vidro, sendo os vidros claros mais reativos. A reatividade é inversamente proporcional à densidade do vidro e as expansões são proporcionais à quantidade de vidro presente no concreto.

Pequenas quantidades de aço ou pedaços de arame podem causar manchas ou pequenos danos à superfície do concreto, principalmente em presença de cloretos (HANSEN, 1992, p.52; LEVY, 1997, p.66). A remoção dos metais presentes nos RCD pode ser realizada antes do seu beneficiamento através de separação magnética, para não danificar os equipamentos de britagem, ou no decorrer do processo de beneficiamento, pois o aço não se fragmenta devido a sua característica dúctil (HANSEN, 1992, p.52).

Os agregados reciclados podem ser contaminados por cloretos através da penetração dos íons cloreto nas estruturas, principalmente em áreas marinhas, pontes, ou pavimentos submetidos a saís de degelo (agente externo), ou através do uso de agregados retirados de zonas marinhas e de aditivos aceleradores de pega a base de cloretos nas misturas do concreto (agente interno) (HANSEN, 1992, p.49). Os valores limites permitidos de íon cloreto em relação à massa de cimento são os percentuais de 0,06% para concreto protendido e 0,10% para concreto armado convencional (AMERICAN...– ACI, 1991, p.22; B.S.C.J., 1977, apud HANSEN, 1992, p.50).

3.9.4 Propriedades dos agregados reciclados

A composição antes da britagem não corresponde à composição pós-britagem, além do que a caracterização em agregados reciclados é mais prática, pois as dimensões das partículas se encontram reduzidas, facilitando o manuseio (ANGULO, 2000, p.36). Os agregados reciclados apresentam grande variação em suas propriedades, dependendo da composição do resíduo processado, dos equipamentos utilizados, do teor de impurezas, da granulometria, etc.

As principais diferenças em relação aos agregados convencionais são a maior absorção de água dos grãos (influenciando na porosidade do concreto), a composição heterogênea e a menor resistência mecânica dos grãos (BARRA, 1996, p.24; LIMA, 1999, p.35). Além disto, Hansen e Narud (1983, p.82), 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, p.118 e 119) também constatou a significativa variabilidade da composição dos agregados reciclados e aponta a formação de pilhas de homogeneização como medida para redução da variabilidade destes agregados.

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, p.29 e 31).

3.9.5 Absorção de água

Conforme Carneiro et al. (2001a, p.152) e Zordan e Paulon (1998, p.931), os agregados reciclados apresentam uma absorção de água superior à do agregado natural, devido à sua grande porosidade e à maior quantidade de finos. Conforme Lima (1999, p.41, 44 e 130), a absorção do agregado reciclado é diretamente proporcional à porosidade dos componentes do resíduo utilizado, sendo que os agregados reciclados de alvenaria e de argamassa apresentam taxas de absorção na faixa de 15%, enquanto que para os agregados reciclados de concreto situam-se próximo aos 10%, dependendo das características do concreto original e da granulometria atingida. A absorção de água dos agregados reciclados é diretamente proporcional à quantidade de materiais cerâmicos (LEITE, 2001, p.72) e decresce linearmente com o aumento dos teores de concreto e rocha (ANGULO, 2000, p.114). A absorção do agregado reciclado de concreto deve-se à camada de argamassa antiga aderida às partículas, havendo uma relação diretamente proporcional entre a quantidade de argamassa aderida ao grão do agregado reciclado e sua absorção de água (HANSEN; NARUD, 1983, p.82; HANSEN, 1992, p.41; BAZUCO, 1999, p.13; BANTHIA; CHAN, 2000, p.42).

Conforme Hansen e Narud (1983, p.80), o teor de argamassa aderida ao agregado reciclado é maior nas frações mais finas do que nas graúdas. Lima (1999, p.45) afirma que o teor de argamassa aderida é importante na análise da conveniência da aplicação da parcela miúda do reciclado de concreto em concretos, principalmente em serviços que exijam altas resistências mecânicas e durabilidade, pois a argamassa aderida apresenta menor resistência mecânica, maior absorção e menor densidade. Bazuco (1999, p.64) encontrou um teor de argamassa aderida nos agregados reciclados na ordem de 41% em massa.

Segundo Lima (1999, p.44) esta maior absorção de água pelo agregado reciclado pode prejudicar a durabilidade de argamassas e concretos. De acordo com Barra (1996, p.19 e 24), a densidade, a porosidade, o teor de água e a absorção são propriedades que dependem da composição do material, da quantidade de poros e da rede de interconexão entre eles. Quanto mais seco, poroso e de menor dimensão for o agregado e quanto maior a fluidez da pasta, ou argamassa, maior será a quantidade de água absorvida. A quantidade de água que o material reciclado pode absorver depende dos seguintes fatores: condição inicial de umidade do agregado, tempo de contato do material com a água e se o agregado entra em contato primeiro somente com a água ou com a pasta de cimento. No caso do agregado ser misturado inicialmente somente à água, ocorrerá maior absorção desta água pelo agregado, quase saturando-os, havendo menor probabilidade do agregado absorver água da mistura. Conforme

Machado Jr. e Agnesini (2000, p.10), poderá ocorrer o fenômeno inverso, ou seja, o agregado devolver parte da água absorvida, propiciando um efeito de cura úmida interna do concreto.

De acordo com diversos autores, a absorção dos agregados reciclados de concreto situa-se entre 8,15% e 12,0% para os agregados miúdos e entre 3,6% e 8,0% para os agregados graúdos. Já os agregados reciclados de blocos cerâmicos apresentaram absorção entre 9,6% e 15,0%, enquanto que os de tijolos cerâmicos apresentaram absorção entre 14,5% e 25,0% (HANSEN; NARUD, 1983, p.80; HANSEN, 1992, p.40 e 41; SCHULZ & HENDRICKS, 1992, p.187; BARRA, 1996, p.27; HAMASSAKI et al., 1996, p.108; ANDRADE et al., 1998, p.140; FONSECA et al., 1998, p.95; BAZUCO, 1999, p.61; LIMA, 1999, p.43; QUEBAUD; BUYLE-BODIN, 1999, p.9; MACHADO Jr. et al., 2000, p.4; LEITE, 2001, p.75).

A B.S.C.J. (1977 apud HANSEN, 1992, p.41) estabelece como limite para absorção de água os valores de 7 % para o agregado graúdo e de 13 % para o agregado miúdo. Leite (2001, p.74) aponta que é necessária a pré-umidificação dos agregados reciclados, no entanto, não há consenso sobre a duração do período de pré-umidificação. Lima (1999, p.44) aponta que este tempo é curto, atingindo 95% da absorção máxima em torno de 5 minutos.

Leite (2001, p.76) indica que se a absorção não for considerada haverá diminuição substancial da trabalhabilidade do material, deixando o concreto muito seco, sendo necessário acrescentar mais água à mistura. Este fato implicará na redução da resistência mecânica ou aumento do consumo de cimento e conseqüente aumento de custos. A compensação parcial da taxa de absorção dos agregados reciclados é uma boa alternativa para minimizar os problemas de trabalhabilidade e evitar o excesso de água no concreto e redução da resistência mecânica.

3.9.6 Granulometria

Segundo Lima (1999, p.47 e 130), a distribuição granulométrica influencia na determinação de diversas propriedades de concretos e argamassas, tais como: trabalhabilidade, resistência mecânica, consumo de aglomerantes, absorção de água, permeabilidade, fluência, retração por secagem e módulo de elasticidade. Barra (1996, p.31) também indica que a distribuição granulométrica dos agregados depende do seu processo de produção e que condiciona a trabalhabilidade dos concretos no estado fresco, além de ser importante parâmetro para a dosagem das misturas. Para uso em concretos e argamassas pode-se realizar o peneiramento do material, buscando obter curvas similares às de areia e

pedra convencionais. No entanto, este procedimento pode aumentar o custo de reciclagem (LIMA, 1999, p.47). Van der Wegen e Haverkort (1998, p.338) indicam que a lavagem dos agregados reduziu o teor de materiais finos ($<0,063$ mm) de 10% nos agregados não lavados para 0,8% nos agregados lavados. Os agregados reciclados de concreto podem apresentar curvas granulométricas muito próximas às dos agregados naturais, no entanto, tendem a uma composição granulométrica um pouco mais grossa, resultando em um módulo de finura um pouco maior. Além disto, os agregados miúdos apresentam-se maiores e mais angulares, produzindo concretos mais ásperos e menos trabalháveis. O tipo e a granulometria do resíduo, o britador e suas regulagens internas influenciam a granulometria final dos agregados reciclados (HANSEN, 1992, p.31 e 34, LIMA, 1999, p.50; BANTHIA e CHAN, 2000, p.42). Latterza e Machado Jr. (1997, p.1971), utilizando britador de impacto, verificaram grande geração de material fino, sendo 48% passante na peneira 4,8 mm. Já Hansen e Narud (1983, p.81), utilizando britador de mandíbulas e resíduos de concreto com fator a/c 0,70, verificaram pequena geração de material fino, sendo 17% passante na peneira 5,0 mm. Schulz e Hendricks (1992, p.182), indicam que mesmo centrais de reciclagem modernas encontram dificuldades para obter agregados reciclados de alvenaria que atendam às exigências de granulometria de agregados naturais. Nesta linha, Lima (1999, p.50) aponta que para substituição total de agregados naturais por reciclados em argamassas e concretos, deve-se ajustar a granulometria do reciclado aos limites utilizados para agregados naturais, para se obter certa segurança com relação à trabalhabilidade, consumo de cimento e outros fatores.

Carneiro et al. (2001a, p.153) e Schulz ([19--] apud HANSEN, 1992, p.34), indicam que se deve evitar a utilização da fração menor que 2 mm do agregado reciclado para a produção de novos concretos, com a finalidade de evitar-se problemas relacionados com absorção de água, forma e textura superficial. Da mesma forma, Lima (1999, p.50 e 130) aponta ser necessário a eliminação de parte da fração miúda do agregado reciclado de alvenaria para melhorar algumas propriedades de argamassas e reduzir os riscos de surgimento de patologias devido à presença de contaminantes, sendo necessário identificar usos específicos para a parcela miúda não utilizada. Hansen (1992, p.34) conclui que, em muitos casos, pode-se utilizar agregados reciclados para produção de concreto sem que sejam lavados. Segundo Montgomery (1998, p.293), partículas de RCD com diâmetros menores que 0,15 mm apresentam maior probabilidade de ter na sua composição partículas não hidratadas de cimento. Entretanto, na prática, é praticamente impossível mensurar a quantidade destes grãos na fração fina.

Teychenne et al. (1975, apud HANSEN, 1992, p.102) indicam que devem ser utilizados agregados graúdos reciclados com dimensão máxima entre 16 e 20 mm para não prejudicar a durabilidade dos concretos produzidos. Tavakoli e Soroushian (1996a, p.184 e 189), utilizando agregado miúdo natural e agregado graúdo reciclado de concreto em duas dimensões, 25 mm e 20 mm, evidenciaram que o tamanho da partícula exerce uma certa influência na resistência à compressão devido à quantidade de argamassa aderida.

4. PROPOSTA DE UM MODELO PARA GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

As atividades relacionadas com a construção civil possuem enorme impacto ambiental. O setor é o maior consumidor individual de recursos naturais e o maior gerador de poluição. Hoje, um dos nossos maiores problemas é a destinação de entulho ou resíduos de construção e demolições.

O resíduo de construção e demolição ou simplesmente entulho, possui características bastante peculiares. Por ser produzido num setor onde há uma gama muito grande de diferentes técnicas e metodologias de produção e cujo controle da qualidade do processo produtivo é recente, características como composição e quantidade produzida dependem diretamente do estágio de desenvolvimento da indústria de construção em cada região (qualidade da mão de obra, técnicas construtivas empregadas, adoção de programas de qualidade, etc.).

O processo de implantação de programas de qualidade pelo qual passa a indústria da construção, certamente contribuirá para a redução do volume de resíduos gerados por esse setor. No entanto, a quantidade de entulho produzida não diminuirá de uma hora para outra. Além disso, por mais eficaz que sejam as mudanças introduzidas nos processos construtivos, com o objetivo de reduzir os custos e a quantidade de resíduos gerados, sempre haverá um montante inevitavelmente produzido, que somado aos resíduos de demolição, ainda representará um volume expressivo.

A reciclagem de resíduos próprios ou gerados pelos demais setores da indústria é uma das tendências mundial para diminuição do impacto ambiental da construção civil, particularmente o nível de consumo de recursos naturais. Dessa forma, o estudo de soluções práticas que apontem para a reutilização do entulho na própria construção civil e fora dela, contribui para amenizar o problema urbano dos descartes irregulares e depósitos clandestinos deste material, proporcionando melhorias do ponto de vista ambiental e introduzindo no mercado um novo material com grande potencialidade de uso. É importante lembrar que a reciclagem pode auxiliar na produção de materiais de menor custo, colaborando na redução do custo das habitações, um dos mais caros e inacessíveis bens que produzimos e da infraestrutura de rodovias, estradas de ferro, barragens, etc.

O modelo que será aqui apresentado se aplica, por questões técnicas e econômicas, a grandes regiões produtoras de resíduos. Tais regiões representam grandes centros urbanos ou poderão resultar da formação de um conglomerado ou consórcio de municípios adjacentes, que congreguem de legislação compatível.

É importante ressaltar que o estágio atual da indústria da construção no Brasil, já justifica por si só a existência rígida de um modelo de tratamento e aproveitamento de entulho da indústria da construção em todas as regiões do País. Esse cenário será agravado, podendo mesmo se tornar insustentável, com o advento da realização, no Brasil, da Copa Mundial de Futebol, em 2014 e as Olimpíadas em 2016, quando grandes obras e demolições terão que ser feitas, gerando uma quantidade anormal de entulhos. Além disso, a prática de tratamento de resíduos da IC é muito incipiente no País, chegando mesmo a ser desprezível no Estado do Rio de Janeiro, onde se concentrarão os Jogos Olímpicos.

4.1. PRINCÍPIOS QUE NORTEIAM A PROPOSTA

Todo modelo, para ser funcional e eficiente precisa se basear num conjunto interdependente e harmônico de elementos, regras e procedimentos. Na proposta em foco, relacionamos os principais pontos e ações que deverão ser considerados:

- legislação clara e abrangente – a recente Política Nacional de Resíduos Sólidos sancionada no Brasil em 02/08/2010, é um grande motivador para se encarar com seriedade o tratamento dos resíduos da indústria da construção. Mas, é preciso que os Poderes Públicos Estaduais e Municipais coadunem as suas leis orgânicas com essa política, de forma clara e objetiva, e promovam uma parceria público-privada, para colocar em prática a reciclagem de entulhos da construção civil nas suas áreas de abrangência;
- fiscalização eficaz – um dos grandes problemas enfrentados pelas prefeituras é o descarte irregular de entulho em terrenos e vias públicas, inclusive pelas próprias empresas de transporte credenciadas. É fundamental que se exerça uma fiscalização proativa para o equilíbrio do processo, com uso de modernos recursos tecnológicos, como por exemplo, o controle dos caçambeiros por GPS;

- existência de incentivos para produtos e serviços envolvidos no processo – é importante, por exemplo, que os materiais reciclados sejam tratados com impostos diferenciados em relação aos produtos novos;
- existência de penalidades para o descumprimento da legislação por prestadores de serviços e geradores de entulho - as penalidades devem ser significativas, visando promover uma maior responsabilidade das pessoas físicas e jurídicas no processo de descarte dos resíduos da construção, em prol do controle ambiental e panorama das cidades;
- incentivo ao uso de modernas técnicas e metodologias de construção em grandes empreendimentos visando a redução de entulhos - o entulho muitas vezes é gerado por deficiências no processo da construção, como falhas ou omissões na elaboração dos projetos e na sua execução, má qualidade dos materiais empregados, das perdas no transporte e armazenamento, má manipulação por parte da mão de obra, além da substituição de componentes pela reforma ou reconstrução. A melhoria no gerenciamento e controle de obras, uso de técnicas de modulação e também trabalhos conjuntos com empresas e trabalhadores da construção civil podem contribuir para atenuar este desperdício;
- toda região deverá ser dotada de uma ou mais usinas de tratamento e beneficiamento dos resíduos, dependendo do volume a ser processado;
- localização estratégica de pontos de descarte e recolhimento de entulho (Ecopontos) para pequenos e médios geradores de entulho;
- Área de transbordo e Triagem (ATT), que é o equivalente a um Ecocentro destinado ao recebimento de grandes volumes de entulhos, provenientes de grandes geradores;
- localização de áreas oficiais de aterro de entulho da IC;
- implantação de políticas de gerência ambiental e tratamento de resíduos em grandes geradores, como construtoras e demolidoras;
- rede de transporte especializada;
- campanha educativa em todos os níveis, inclusive da população em geral – visa esclarecer e estimular a auto integração da população no processo.

4.2. ARQUITETURA OPERACIONAL DO MODELO

A figura 9 ilustra os componentes envolvidos no modelo para tratamento dos resíduos da indústria da construção, bem como o fluxo de encaminhamento dos elementos produzidos em cada em cada local.

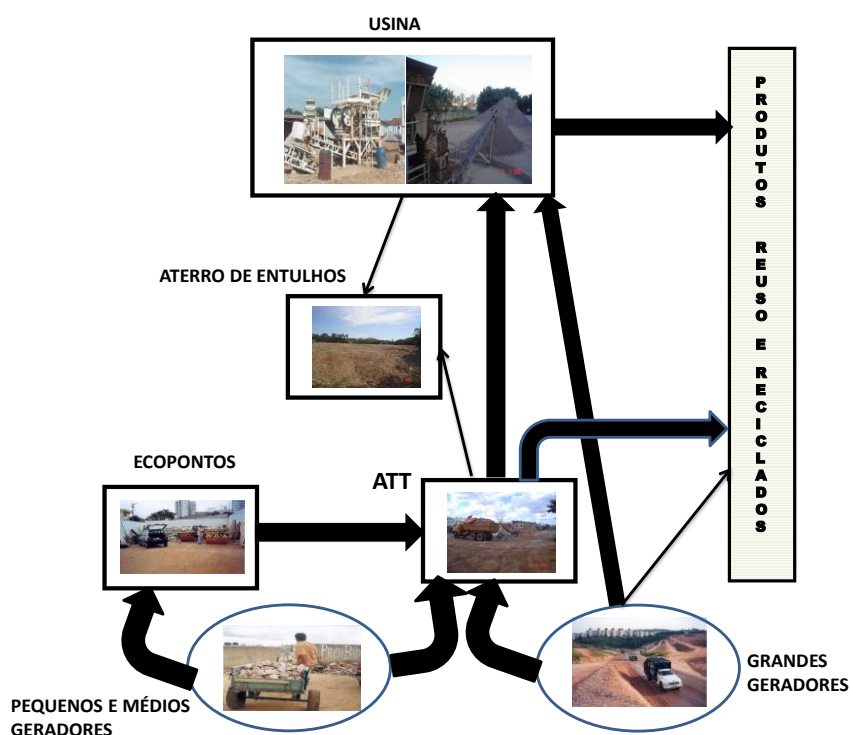


Figura 9: Arquitetura de gerenciamento de entulho da IC (autor da tese)

4.2.1. Pequenos e médios geradores de entulhos da IC e os Ecopontos.

De acordo com a definição dada na Resolução nº 307 do CONAMA, geradores são pessoas físicas ou jurídicas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que produzem os resíduos da construção civil. Constituem em pequenos e médios geradores, por exemplo, as obras de construções e reformas executadas em unidades residenciais ou comerciais de pequeno ou médio porte.

A existência e administração dos Ecopontos são de fundamental importância para o controle eficiente de recolhimento de entulhos da construção, para evitar o descarte desses, de forma irregular, em pontos inadequados ou clandestinos.

Ecopontos são locais fornecidos, geralmente pelo poder público, para descarte de resíduos de forma voluntária e gratuita. Podem ser constituídos simplesmente por caçambas, por um terreno adequadamente preparado, ou um galpão, sempre localizados em pontos próximos de potenciais geradores, e de fácil acesso. As figuras 10 mostram alguns exemplos de Ecopontos existentes na Cidade de São Paulo.



Ecoponto Bresser



Ecoponto Pinheiros



Ecoponto Vigário Godói

Figura 10: Ecopontos na Cidade de São Paulo (Prefeitura SP)

O processo para utilizar esses serviços é simples: basta levar os resíduos da construção, como cimento, tijolos, azulejos, gesso, madeiras e demais restos da construção, aos Ecopontos. Prevê-se o descarte de entulhos com volume de até 1m cúbico por usuário por dia, o equivalente a, mais ou menos, 25% de uma caçamba. Se a construção ou reforma gerou um volume muito grande a ser descartado, superior a 200 litros, será preciso contratar os serviços de uma empresa especializada em serviços de coleta e transporte de entulho.

Como os entulhos recebidos nos Ecopontos, provenientes de pequenos e médios geradores são em geral muito impuros, precisam ser separados cuidadosamente, para que seja

dada a destinação correta a cada tipo de material neles encontrados. Por isso, devem ser obrigatoriamente transferidos para uma Área de Transbordo e Triagem de resíduos (ATT) para tratamento.

4.2.2. Grandes Geradores de entulhos da IC.

Grandes geradores de entulho geram mais de 1m³ de resíduos da construção ou demolição. São aqueles que necessitam de caçambas para transportar seu entulho. Normalmente são os responsáveis por construções e reformas de grande porte, por exemplos os empreiteiros, construtores e responsáveis técnicos de obras. Os grandes geradores são responsáveis pela destinação final do entulho que geram. Nesses casos é necessário contratar uma empresa de transporte de resíduos da construção, também conhecidos como “caçambeiros”.

No caso de construções com mais de 500m², o gerador do entulho deve elaborar e implantar, no canteiro de obra, um Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e comprovar que o resíduo gerado teve a destinação final ambientalmente correta.

Os resíduos no canteiro de obra variam conforme a fase de execução dos serviços. Grande parte do entulho gerado durante toda a construção pode ser utilizada como agregado nas mais diversas fases da obra, considerando, porém, que a fração mineral (material cimentício e cerâmico) é a única a ser reciclada e utilizada no próprio canteiro, as demais frações como madeira, metais, gesso, plásticos e papéis, devem ser encaminhadas aos devidos locais de reciclagem ou descarte desses materiais, como as ATT's e Usinas. Outros componentes podem mesmo ser vendidos ou doados para reutilização, no caso de demolições, como portas, janelas, metais de banheiros e cozinhas, etc.

Para tanto, é necessária a conscientização de todos no canteiro, seguindo-se os procedimentos pré-fixados para o destino e uso do resíduo. Primeiro deve-se estabelecer a separação do entulho gerado (cerâmicos e cimentícios, madeira, contaminantes, metais, plásticos e papéis, por exemplo), visto que cada fração terá seu local de depósito no canteiro. Essa separação no canteiro não é complexa, pois o entulho é gerado por atividades separadas, a exemplo de que, no uso de argamassas ter-se-á somente material cimentício e nas atividades de carpintaria o entulho será somente de madeira (TÉCHNE, 2001b). O entulho reciclável segue para o processo de beneficiamento e posterior disposição, enquanto que o entulho não

reciclável em obra é descartado. A Figura 11 representa a seqüência citada, enquanto a figura 12 ilustra os depósitos que podem ser usados para acolhimento e separação dos resíduos.

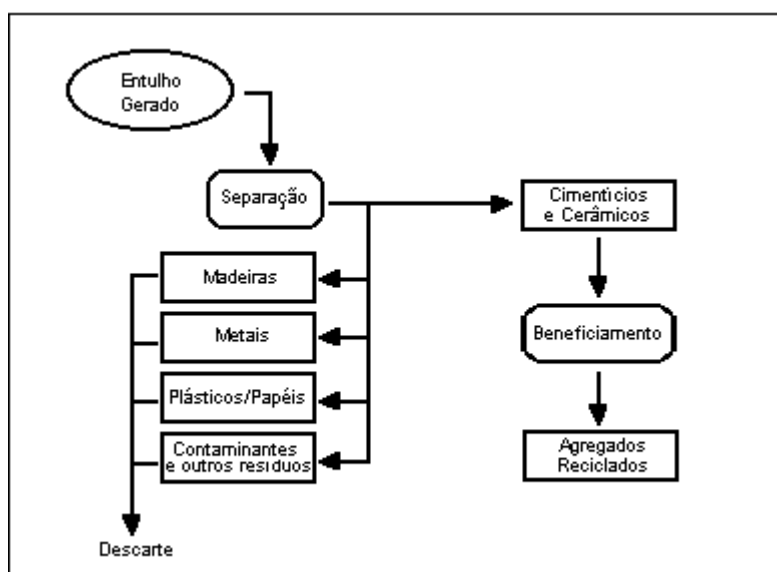


Figura 11: Esquemático da gestão do entulho na obra



Figura 12: Segregação de resíduos no canteiro de obras.

Em grandes empreendimentos, por vezes é vantajoso e desejável que a usinagem seja feita no próprio canteiro de obra. Nesse caso, para britagem em geral, são utilizados equipamentos pequenos, com produção média da ordem de 2m^3 /hora, com alimentação e remoção manuais dos produtos. São equipamentos simples e de fácil utilização, sendo:

argamasseira-moinho, moinho de martelos, moedor de caliça ou britador de mandíbulas (PINTO, 2000).

Além das melhorias relativas ao Meio Ambiente, a gestão da reciclagem no canteiro de obras traz boas vantagens econômicas, como:

- a diminuição do volume de entulho enviado ao ATT ou usina, reduzindo os custos com a remoção;
- canteiro mais organizado e limpo;
- redução da aquisição de material agregado;

A grande ênfase principal para se reciclar o entulho na obra é o aspecto financeiro: não desperdiçar material já pago e ainda conseguir produzir produtos com custos reduzidos são motivos assaz atraentes. Como exemplo tem-se que o custo projetado do metro cúbico de argamassa com material reciclado é da ordem de 36 dólares, enquanto o metro cúbico de argamassa convencional está a 62 dólares (TÉCHNE, 2001b).

Os agregados reciclados possuem boa potencialidade de uso na obra, a partir de PINTO (2000) citam-se algumas utilizações mais comuns:

- aterramento de valas e reconstituição de terreno;
- execução de estacas ou sapatas para muros com pequenas solicitações;
- lastro e contrapiso em áreas comuns externas e passeio público;
- contrapiso interno às unidades habitacionais;
- contrapiso ou enchimento em casa de máquinas a áreas comuns internas;
- sistema de drenagem em estacionamentos, poços de elevadores e floreiras;
- vergas e pequenas colunas de concreto com baixa solicitação;
- assentamento de blocos e tijolos não estruturais;
- enchimentos em alvenarias, lajes e esquadrias;
- chumbamentos de batentes, contramarcos e esquadrias;
- revestimentos internos e externos em alvenaria.

4.2.3. Área de Transbordo e Triagem de resíduos (ATT).

Áreas de Transbordo e Triagem de Resíduos da Construção Civil (ATT) são os estabelecimentos destinados ao recebimento de volumosos resíduos da construção civil coletados por agentes privados, que deverão ser usadas para a triagem dos materiais recebidos, eventual transformação e posterior remoção para adequada disposição. Portanto, são locais utilizados para segregação e encaminhamento de resíduos para destinação.

A ATT, geralmente, é um negócio que pertence à iniciativa autônoma de pequenas empresas coletoras ou cooperativas, e são implantadas e operadas observando-se a legislação municipal de uso e ocupação do solo, bem como a legislação federal e estadual de controle da poluição ambiental, quando for o caso.

São áreas como estas, no contexto da arquitetura proposta, administradas pela iniciativa privada, gerando empregos e receitas pela recepção de entulhos da construção e pela comercialização de resíduos triados, que poderão viabilizar um panorama eficaz para os esforços que vêm sendo desenvolvidos em prol de um ambiente sustentável. Esta iniciativa vem rompendo velhos paradigmas, mostrando ser possível aliar redução de resíduos à redução de custos, aliar alteração de comportamento nas diversas frentes de trabalho à construção de parcerias com os diversos fornecedores, abolindo-se a disposição irresponsável em bota foras clandestinos, por meio da destinação compromissada de cada componente dos resíduos triados, para que a responsabilidade com o ambiente que ancora a atividade econômica seja exercida. A figura 13 ilustra o panorama de uma Área de Transbordo e Triagem.



Figura 13: ATT na divisa de Guarulhos com São Paulo

Conforme aborda ZORDAN, 1997 é visível a ineficiência da Gestão Corretiva pela degradação de áreas urbanas, bota-foras clandestinos, assoreamento de rios e córregos, entupimentos de bueiros e galerias, com conseqüentes enchentes das vias públicas, comprometendo a qualidade de vida da sociedade. Os bota-foras clandestinos (figura 14), que geralmente são iniciados pela deposição de resíduos de construção e demolição oriundos de reformas circunvizinhas, são seguidos pelo acúmulo de resíduo orgânico como podas e lixos domésticos, e ainda, às vezes resíduos industriais trazidos até mesmo por caçambas “tira-entulho”. Ao final, o local acaba-se por configurar favorável à proliferação de insetos peçonhentos e pequenos roedores transmissores de doenças.



Figura 14: Bota Fora clandestino em BH (Fonte: CAMARGO, 1995)

O estabelecimento de Áreas de Transbordo e Triagem formando uma Rede de Atração deve gerar resultados que beneficiem a qualidade ambiental e sanitária da região. A existência de pontos autorizados para deposição de resíduos, complementada por uma fiscalização rigorosa e um programa de educação ambiental voltado à população e aos transportadores em geral irá modificar a paisagem urbana e reduzir os custos da Administração Pública com a Gestão Corretiva.

4.2.4. Aterros de Entulhos.

Na maioria das vezes, o entulho é retirado da obra e disposto clandestinamente em locais como terrenos baldios, margens de rios e de ruas das periferias. O custo social e

ambiental disto foge ao controle dos cálculos, apesar de suas conseqüências serem permanentemente notáveis. Percebe-se a degradação da qualidade de vida urbana em aspectos como transportes, enchentes, poluição visual, proliferação de vetores de doenças, entre outros. De um jeito ou de outro, toda a sociedade sofre com a deposição irregular de entulho.

O entulho é um resíduo de grande volume, ocupando, portanto muito espaço nos aterros; seu transporte, em função não só do volume, mas do peso, torna-se caro. A reciclagem e o reaproveitamento do entulho são, portanto, de fundamental importância para o controle e minimização dos problemas ambientais causados pela geração de resíduos.

A existência de locais autorizados de aterro de entulho, no contexto dessa proposta é devido ao fato de que alguns detritos da obra, ou certos resíduos após a usinagem ou segregação do entulho na ATT, não tem como ser aproveitados. Terão que ser descartados e, nessa hora é importante que sejam recebidos em locais autorizados e específicos para esse fim.

Atualmente um dos maiores problemas enfrentados pelos administradores públicos é o destino final da enorme quantidade de lixo produzido diariamente, principalmente nas grandes cidades, onde nem sempre é realizado dentro das normas que garantam um prejuízo mínimo ao meio ambiente.

O aterro sanitário é hoje a solução mais utilizada por sua facilidade de execução entre outros. Porém, ainda assim, tem um custo ambiental muito alto, e alguns administradores acabam por não respeitar as normas ou encontram outras alternativas. Quando as normas de execução não são respeitadas, o aterro deixa de ser sanitário e passa a configurar o chamado lixão.

A alternativa plausível é a separação do lixo em material não inerte e contaminante (lixo doméstico, comercial, industrial e hospitalar) e em material inerte (resíduo oriundo da construção civil). Essa alternativa, além de reduzir os custos, uma vez que o aterro para material inerte é mais barato do que o aterro sanitário, permite que o mesmo possa ser utilizado, principalmente, em projetos que visam o reuso e a reciclagem de tais materiais. Essa idéia torna-se válida uma vez que os inertes são uma grande fonte de matéria-prima a um baixo custo relativo.

Segundo CANESIN (1999), o desperdício é uma grande causa do aumento da quantidade de lixo. A sociedade moderna, capitalista, é também uma sociedade de grande consumo e, a partir disso, é necessária uma consciência para a melhoria da qualidade de vida de todos, mas que preserve o ambiente. Que se faça uso dos recursos do Planeta sem, no entanto, devolver a ele toneladas de materiais que irão contaminá-lo e prejudicá-lo durante muito tempo. Logo, a problemática de todos os resíduos é urgente e precisam ser definidos meios de como solucioná-la, tanto globalmente como por setores. A figura 15 mostra um aterro de entulho na Suécia.



Figura 15: Aterro de entulho da construção civil (Prefeitura BH)

Devem ser usadas nos aterros de entulhos ações de controle visando a correta separação na origem dos resíduos que aportam, possibilitando que, nestes locais, sejam destinadas cargas principalmente compostas de resíduos da construção civil. A carga deve ter predominância de resíduos compatíveis com o aterro, caso contrário não deve ser aceita.

4.2.5. Usinas de Tratamento e Beneficiamento dos Resíduos da IC.

No atual contexto global é fundamental aperfeiçoar os processos de construção. Entretanto, a reciclagem de entulho entra como solução para os materiais que são inevitavelmente perdidos. A reciclagem permite a reutilização de matérias-primas, diminuindo a demanda por mais matéria, reduzindo o consumo energético e protegendo o meio-ambiente de mais e mais dejetos, que levariam até milhões de anos para serem decompostos pela natureza. A reciclagem transforma as montanhas desordenadas de material de construção, em pilhas de matéria-prima, que serve tanto para obras prediais como para

obras públicas. Há dois caminhos para transformar as perdas em lucro: um para a iniciativa privada e outro para as prefeituras.

Até pouco tempo, os agregados eram considerados apenas como material inerte e de enchimento, distribuídos pelo meio da pasta de cimento. Mas hoje, se tem a inversão dessa visão, considerando o agregado não só do ponto de vista econômico, mas também da durabilidade e desempenho estrutural. Os agregados na realidade não são materiais totalmente inertes, e suas propriedades, físicas e químicas, têm muita influência sobre suas largas aplicações (NEVILLE, 1997).

Como já mencionado, o entulho é o conjunto de fragmentos como restos de tijolo, concreto, argamassa, aço, madeira, etc., provenientes do desperdício na construção, reforma e/ou demolição de estruturas, como prédios, residências e pontes, etc. Especificamente, o de demolição é formado apenas por fragmentos, tendo por isso maior potencial qualitativo para ser reciclado, comparativamente ao entulho de construção.

O processo de reciclagem do entulho para a obtenção de agregados, basicamente, envolve a seleção dos materiais recicláveis do entulho e a sua trituração em equipamentos apropriados. A fase de seleção deve ser procedida numa ATT independente ou integrada à usina de beneficiamento.

Os resíduos encontrados predominantemente no entulho, que são recicláveis para a produção de agregados, pertencem a dois grupos:

Grupo I - materiais compostos de cimento, cal, areia e brita: concretos, argamassa, blocos de concreto;

Grupo II - materiais cerâmicos: telhas, manilhas, tijolos, azulejos.

Outros materiais, também encontrados no entulho, são considerados não-recicláveis na usina, como terra, gesso, metal, madeira, papel, plástico, matéria orgânica, vidro e isopor. Alguns desses materiais podem ser reutilizados e outros vendidos como insumos industriais.

O processo de reciclagem do entulho pode ser feito em instalações com diferentes características em relação aos equipamentos usados, podendo ser móveis, semimóveis e fixas.

Instalações móveis

Os equipamentos móveis são indicados para os empreendimentos que requerem mobilização constante e tempo mínimo de montagem. Eliminam os inconvenientes e os custos das sucessivas montagens, desmontagens e transporte. São comumente empregadas em serviços de manutenção de estradas, prospecção geológica e exploração de jazidas espalhadas em uma determinada área (FÁBRICA... – FAÇO 1985, p.8-02).

Segundo Müller e Winkler (1998, p.109), as usinas estacionárias podem produzir agregados de melhor qualidade, porém as plantas móveis são mais flexíveis. Além disto, as plantas móveis não necessitam de obras civis, podendo ser realocadas facilmente, utilizam pouca mão-de-obra (cerca de 4 operários), necessitam pouco tempo de instalação e desinstalação (aproximadamente 4 horas) e podem ser localizadas junto ao depósito do material a ser britado, diminuindo as distâncias de transporte do material de demolição até a planta de reciclagem. Estão disponíveis em vários tamanhos e tipos de sistemas de operação, podendo dispor de sistemas de britagem primário e/ou secundário e peneiramento (TURLEY, 1998a; TURLEY, 1998b; DRAKE, 2000; PIT & QUARRY, 2002a, PIT & QUARRY, 2002b). Conforme Nortec (2004), as plantas móveis utilizam equipamentos com pneus para transportes maiores e esteiras para locomoção no local de britagem.

Instalações semimóveis

As instalações semimóveis, em virtude de sua facilidade, rapidez e economia de montagem, são empregadas em empreendimentos de médio prazo, com tempo de montagem limitado, tais como em grandes obras, construções de barragens em hidrelétricas e para construção de estradas. As principais características das instalações semimóveis são a sua construção sobre bases de estrutura metálica, a baixa altura (facilita a montagem e manutenção e diminui o comprimento das correias transportadoras intermediárias) e a simplicidade de instalação (FÁBRICA... – FAÇO 1985, p.9-02 e 9-03). Conforme cita Nortec (2004), deve-se evitar construções civis nos locais de implantação da usina, pois os gastos envolvidos são muito altos e as estruturas construídas não são reutilizáveis. Também é interessante considerar a utilização de conjuntos mistos (semimóvel / móvel), podendo ser deslocáveis ou arrastáveis.

Instalações fixas

As instalações fixas são empregadas para grandes empreendimentos, de localização definitiva, para atender a áreas de grande potencial de produção de entulho. De acordo com Cairns et al. (1998, p.375), as principais vantagens deste tipo de usina de reciclagem são as possibilidades 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 e semimóveis. Em contrapartida, este tipo de usina necessita de altos investimentos e de disponibilização de grande área, cerca de 50.000 m², para instalação da planta de processamento. No entanto, de acordo com as usinas de reciclagem visitadas, uma área inferior a 20.000 m² também pode ser suficiente.

A figura 16 mostra uma usina fixa, de grande capacidade de processamento, estação de reciclagem de entulhos de Estoril, em Belo Horizonte - MG.



Figura 16: Estação de reciclagem, de Estoril – MG (Prefeitura BH)

Devemos também acrescentar que a implantação de usinas estacionárias de reciclagem necessita de medidas de redução de poeira e ruído (Wilburn e Goonan, 1998, p.7). Com a

finalidade de mitigar ou eliminar os impactos ambientais, Lima (1999, p.34) enumera algumas medidas que devem ser empregadas:

- plantação de cerca viva no entorno da usina, ajudando a conter a poeira e o ruído e melhorando a imagem do local;
- encobrimento do piso da usina com material reciclado, que quando compactado ajuda a diminuir o pó gerado pelo tráfego dos veículos;
- revestimento do britador com manta anti-acústica e dos locais de impacto com manta de borracha para reduzir a emissão de ruído;
- redução das alturas de descarga dos materiais nos pontos de transferência;
- instalação de aspersores de água nos pontos de entrada e saída de materiais para reduzir a emissão de pó.

Em geral, o processo de reciclagem em uma usina de entulho pode ser visualizado no esquemático mostrado na figura 17, conforme especificados nas seguintes operações:

- **Descarga** - inicia-se o processo na usina com a chegada do entulho bruto. A descarga é feita em local pré-estabelecido, que permite intensa movimentação dos caminhões poliguindastes.

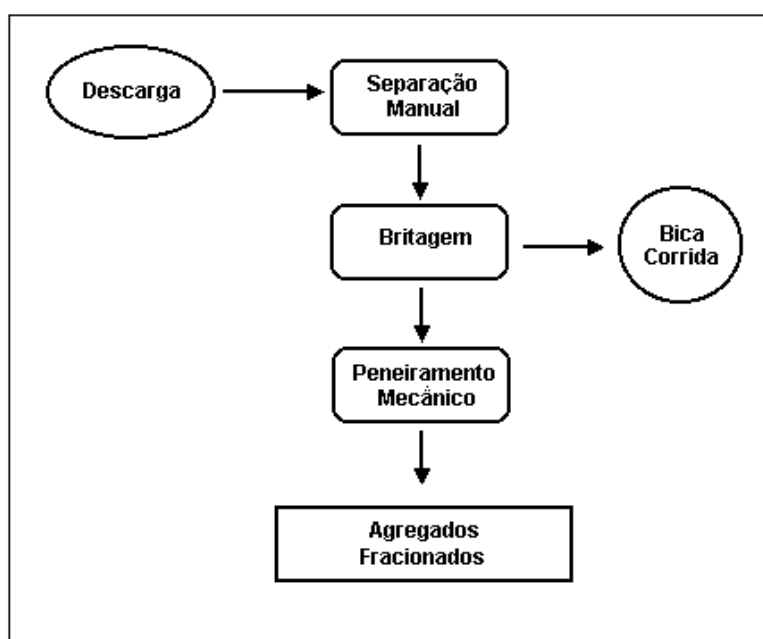


Figura 17: Processo de reciclagem de entulho

- **Separação Manual** - nesta etapa são retirados os resíduos como: metais, madeiras, contaminantes, plásticos, papéis e outros materiais que não sejam de frações recicláveis, passíveis de serem vistas pelos separadores.
- **Britagem** - após o processo de separação, os materiais são levados ao conjunto “alimentador vibratório + britador de mandíbulas + correia transportadora”. Nesta etapa há ainda a remoção de metais de pequenas dimensões, presentes no entulho reciclado, por meio de eletroímã localizado pouco acima da correia transportadora.
 - **Agregados em Bica Corrida** - a britagem gera o material reciclado na forma de bica corrida, ou seja, sem nenhuma divisão granulométrica. O agregado é direcionado direto ao britador, através da correia transportadora, à baía do material. A figura 18 ilustra o processo.



Figura 18: Equipamento da usina: correia transportadora e disposição da bica corrida.

- **Peneiramento Mecânico e Agregados Fracionados** – os agregados reciclados com divisão granulométrica são transportados, pela correia, do britador diretamente ao peneirador mecânico, onde os agregados já fracionados são alocados em baias abaixo do peneirador. No exemplo citado na usina da figura 19, são produzidos quatro faixas granulométricas características à: areia, brita 0, brita 1 e rachão.



Figura 19: Equipamento da usina: peneirador mecânico acima das baias dos agregados.

Podem ser distinguidos dois tipos de instalações de reciclagem: as que produzem agregados para todo tipo de aplicação e as que produzem agregados para uso específico em concreto, sendo que esta última exige controle de qualidade bem mais estrito (ITEC, 1995c).

Os equipamentos trituradores são os mais importantes na linha de produção de uma instalação de reciclagem. Geralmente são adotados britadores de mandíbulas (*jaw crushers*) ou britadores de impacto (*impact crushers*), mas não há um tipo específico de britador que apresente ótimos resultados em todos os aspectos (CIVIELTECCHNISCH CENTRUM UITVDERING RESEARCH EN REGELGEVING - CUR, sd).

Geralmente os britadores de mandíbulas são considerados melhores produtores de agregados para concreto quando associados a outro equipamento para britagem secundária. Entretanto, são bastante suscetíveis à presença de resíduos de madeira e metálicos, caso não disponham de dispositivo de alívio para essas eventualidades. A figura 20 ilustra um equipamento com britador de mandíbula.



Figura 20: Equipamento da usina: conjunto alimentador vibratório +britador de mandíbulas + correia transportadora

Os britadores de impacto são menos sensíveis à presença desses materiais, oferecem capacidade de redução de partículas muito superior à do britador de mandíbula, e são tidos como o melhor equipamento para a produção de novos agregados para uso em serviços de pavimentação (ITEC, 1995c).

Nos países desenvolvidos há a predominância de instalações de grande porte, que implicam a imobilização de um capital significativo. A Tabela 10 apresenta a ordem de grandeza de valor dos equipamentos mais importantes no mercado norte americano.

Tabela 10: Preço típico dos equipamentos no mercado norte americano (ITEC)

| Equipamentos | Faixa de preço (US\$ x 1000) |
|----------------------------|-------------------------------------|
| Alimentador vibratório | 30 – 40 |
| Britador primário | 300 – 350 |
| Britador secundário | 300 – 425 |
| Separador magnético | 25 – 40 |
| Peneira vibratória | 80 – 100 |
| Transportadores de correia | 0,32 - 0,50 (por pé) |

Instalações montadas sobre essa tipologia de equipamentos são unidades com capacidade de processamento entre 150 e 250 toneladas horárias, provavelmente produzindo entre 1.000 e 1.600 toneladas diárias, volume de geração de resíduos atingido por poucos dos municípios brasileiros (LIMA, 1999), porém podendo exceder em muito, com a expectativa das obras que serão realizadas para viabilizar a copa do mundo e olimpíada.

A reciclagem dos resíduos de construção e demolição no Brasil é bastante recente, mas vem chamando bastante atenção pelas possibilidades que apresenta enquanto solução de destinação dos resíduos da construção civil e solução para a geração de produtos a baixo custo.

Os primeiros estudos sistemáticos foram realizados a partir de 1983 (PINTO, 1986), ocorrendo na seqüência os estudos de SILVEIRA (1993), ZORDAN (1997), LEVY (1997),

LATTERZA (1998) e LIMA (1999), além de uma série de outros estudos pontuais em várias instituições de pesquisa do País. Paralelamente a esses estudos, estendeu-se bastante rapidamente, a partir do início da década de 80, o uso de "maseiras-moinho", equipamentos de pequeno porte para uso exclusivo em obras de edificações (também conhecidos como moinhos de galgas dos quais já foram produzidas 700 unidades no Brasil). Esse equipamento propicia moagem intensa de resíduos menos resistentes, principalmente os de alvenaria e argamassas, possibilitando sua reutilização em serviços de revestimento da própria edificação em produção. O resultado de seu uso é bastante positivo, tanto pela indução ao gerenciamento dos resíduos na obra, como pela redução dos custos das perdas nos processos construtivos, o que propicia rápida amortização do investimento e é positivo, inclusive, por contribuir para a minoração do impacto do entulho nas áreas urbanas.

Já a experiência brasileira com equipamentos de maior porte é mais recente, tendo se iniciado em 1991 e expandido para uma série de municípios, com a implantação das instalações acontecendo em alguns deles como resultado de planos de gestão dos resíduos e, em outros, como mera aquisição de equipamentos descoordenada de um planejamento de ações, o que inevitavelmente comprometeram os resultados que deviam ser alcançados, eliminando em alguns casos qualquer impacto positivo da presença das instalações de reciclagem.

A Tabela 11 apresenta informações sintéticas sobre algumas instalações operantes em municípios brasileiros.

Tabela 11: Características gerais das instalações de reciclagem brasileiras

| Município | Início atividade | Tipo de britador | Capacidade (TPH) (*) |
|------------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| São Paulo / SP | 1991 | Impacto | 100 |
| Belo Horizonte / MG Estoril | 1995 | Impacto | 25 |
| Belo Horizonte / MG Pampulha | 1996 | Impacto | 40 |
| Rib.Preto / SP | 1996 | Impacto | 40 |
| S. J. Camp./ SP | 1996 | Impacto | 40 |
| Piracicaba / SP | 1997 | Mandíbulas | 15 |
| Londrina / PR | 1994 | Mandíbulas | 15 |

(*) Toneladas por hora - unidade de medida da produção em britagem (SILVEIRA-1993)

Pelos dados da tabela 11 torna-se patente, além da essencialidade do planejamento prévio à introdução das instalações, a importância da gerência no processo de reciclagem, um dos fatores de explicação do desempenho diferenciado de instalações de mesmas características. O traço comum entre as instalações brasileiras que ofereceram sucesso, pelo volume de material que vêm processando e pelo impacto ambiental que eliminam, é o fato de terem sido originadas de processos iniciados com quantificações precisas, reconhecimento de fluxos e atores inseridos.

Os equipamentos utilizados nas instalações brasileiras são a mistura de produção nacional e equipamentos importados, que já tinham operado em instalações mineradoras. A pequena intensidade da atividade de demolição nas cidades brasileiras faz com que, tipicamente, os resíduos da construção civil gerados se apresentem com pequena dimensão máxima (em torno de 300 mm), permitindo, com isso, a utilização de equipamentos de menores dimensões, menor capacidade de produção, menores custos e com capacidade de adequação à intensidade de geração nos municípios de médio e grande porte. A partir da capacitação dos produtores brasileiros (atualmente com mais de 7 empresas de capital nacional ou filiadas a grupos internacionais) é possível afirmar-se não haver qualquer dificuldade tecnológica para a produção dos equipamentos típicos das instalações de reciclagem.

Como todas as atuais instalações de reciclagem brasileiras são controladas pelo poder público ou autarquias locais, torna-se complexa a determinação do custo operacional em cada uma delas. No entanto, a consideração criteriosa dos componentes necessários: custos de manutenção e reposição, provisão de água, força e luz, custos de mão-de-obra, juros, amortização, equipamentos para manejo interno tem apontado para valores na ordem de R\$ 5,00 por tonelada processada. É evidente que a viabilização da reciclagem dos entulhos em um centro urbano é resultado de uma série de fatores, dos quais certamente um dos mais importantes é sua viabilidade econômica em confronto com os preços dos agregados naturais.

4.2.5. Logística de movimentação do entulho

Os entulhos gerados por pequenas obras devem, necessariamente ser descartados em Ecopontos. Portanto, seu transporte deve ser feito por um grupo de transportadores autônomos, que utilizam veículos destinados à frete, carroças e até mesmo carrinhos de mão. Opcionalmente, o serviço de retirada de pequenos volumes de entulhos gerados em obras de pequeno porte poderá ser oferecido pela prefeitura. Neste caso, a prefeitura pode descartá-los num Ecoponto próximo, ou transportar até uma ATT.

O transporte do entulho, a partir do Ecoponto, deve ser feito pela prefeitura, ou por uma empresa terceirizada por ela. Deverá ser descartado em uma ATT, por se tratar de um entulho muito heterogêneo.

Para obras de médio porte, que gerem volumes significativos de entulho, o transporte deverá ser contratado, pelo gerador, de empresas credenciadas pelo Poder Público, que trabalham com o transporte de entulho utilizando caminhões poliguindastes e caçambas. Nesse caso, o entulho deverá ser descartado diretamente numa ATT, por se tratar de um entulho, via de regra, heterogêneo, com um custo de descarte baseado no volume, pago à ATT pelo transportador.

Em construções de grande porte e demolições, o entulho destinado ao descarte, deverá ser conduzido a uma usina, sempre que apresentar características apropriadas para reciclagem, sem custo de recebimento por parte da usina. Quando o entulho for heterogêneo, deverá ser descartado numa ATT com o ônus do custo de descarte por parte do gerador.

A transferência de entulho triado em uma ATT e destinado ao descarte, deverá ser transportado para uma usina de reciclagem ou para o aterro de entulho, dependendo da sua

característica, por conta do Poder Público, que poderá fazê-lo diretamente ou através de serviço terceirizado.

O resíduo não aproveitável em uma usina deverá ser descartado em um aterro de entulho, sob a responsabilidade da usina.

4.3 MISSÃO DOS PODERES PÚBLICO E PRIVADO

É importante levar em consideração que a diferença entre o sucesso e o fracasso na implantação de um modelo de reciclagem de entulho da indústria da construção está no planejamento e na gestão integrada do sistema de uma forma global, envolvendo todos os atores, estabelecendo-se responsabilidades e benefícios de forma transparente para cada parte envolvida, sendo que o estado exerce importante papel na implantação e continuidade do processo.

Nesse sentido, faz-se mister a implantação de políticas públicas de incentivo nas três esferas de governo, onde destacamos, entre outras, as seguintes ações:

- adoção de políticas públicas de gestão integrada dos resíduos (Política Nacional dos Resíduos Sólidos, Resolução Nº 307 do CONAMA), fiscalização destas políticas e da correta disposição dos resíduos por parte dos geradores;
- incentivos fiscais com redução ou isenção de impostos, tais como PIS/COFINS (esfera federal) e ICMS (esfera estadual), aumentando desta forma a viabilidade de implantação de usinas privadas;
- incentivos políticos, tais como, aumento de taxas de disposição de resíduos em aterros de forma a priorizar a reciclagem, responsabilização do gerador e aumento de taxas de extração de recursos naturais;
- articulação dos diferentes agentes envolvidos (pequenos geradores, grandes geradores, transportadores de entulhos, entes públicos) nas atividades vinculadas com a indústria da construção civil para redução do seu impacto ambiental;
- ação indutora do setor público para utilização de materiais reciclados, exercendo o seu poder de compra e estabelecendo a obrigatoriedade de utilização de agregados reciclados em obras públicas, construindo parcerias com a iniciativa privada, com as associações de catadores e entre municípios adjacentes, bem como o aproveitamento de antigas instalações de mineração desativadas.

De acordo com Pinto (1994), as principais atividades necessárias para implementação do programa de reciclagem são:

- otimização das atividades dos pequenos coletores de resíduos; mudança na ação dos agentes públicos no sentido de atuar como instrutores e não como agentes penalizantes;
- melhoria na cadeia de informação sobre deposição de resíduos e reciclagem a fim de mudar os hábitos das pessoas envolvidas com a indústria da construção;
- implementação de serviços de recuperação ambiental em áreas previamente degradadas;
- incentivo à reciclagem de resíduos e à utilização de resíduos reciclados;
- definição de uma política de reciclagem e utilização de materiais reciclados em obras públicas.

Segundo a visão embutida na proposta em foco, estando plenamente alinhada com a Resolução nº 307/2002 do CONAMA e com a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, o papel dos agentes sociais na reciclagem de resíduos da construção pode ser resumido na Tabela 12.

Tabela 12: Atores x missão do modelo proposto (CONAMA 307/2002)

| Atores | Missão |
|--|--|
| Construtores | Reduzir os resíduos na fonte, reutilizar, reciclar. |
| Empresários / Cooperativas | Construir e administrar as usinas e ATT; atuar no transporte dos resíduos sempre que viável economicamente; comercializar os subprodutos do processo. |
| Poder Público: | Ativar instrumentos financeiros e tributários; incentivar a reutilização e reciclagem dos subprodutos; atuar como órgão regulador e concessionário do setor; transportar entulhos diretamente ou através de serviços terceirizados onde se aplicar; fiscalizar e aplicar multas; promover orientação, educação e controle para uma ação correta. |
| Pequenos e médios produtores de resíduos | Cumprir rigorosamente a legislação de destinação dos resíduos da construção. |

A proposição de uma gestão diferenciada dos resíduos de construção e demolição, envolvendo a interação eficiente dos poderes público e privado, objetiva a ampliação dos serviços públicos, com um modelo racional, eficaz, de menor custo e, conseqüentemente,

sustentável. Esse modelo de gestão possibilita em contraposição a todas as deficiências diagnosticadas na Gestão Corretiva, atingir a qualidade no serviço de limpeza urbana e a reconquista da qualidade ambiental desses espaços.

A Gestão Diferenciada dos resíduos da indústria da construção é a única forma de romper com a ineficácia da Gestão Corretiva e com a postura coadjuvante dos gestores dos resíduos sólidos, propondo soluções sustentáveis para espaços urbanos cada vez mais densos e complexos de gerir. Deve ser vista como solução necessária, complementar à gestão tradicional dos resíduos domiciliares e à introdução de preceitos modernos na gestão de outras parcelas dos resíduos sólidos urbanos como a coleta seletiva e reciclagem de embalagens, compostagem de resíduos orgânicos e podas vegetais, desmontagem e reaproveitamento de resíduos volumosos.

5. VIABILIDADE ECONÔMICA DO MODELO PROPOSTO

Procuramos, neste capítulo, demonstrar a validação do modelo proposto no capítulo 6, através de sua viabilidade econômica, já que a sua aplicação prática é de concepção simples e imediata, exigindo apenas vontade política e empenho da sociedade para a sua implantação. Entendemos ainda, que se comprovarmos a viabilidade econômica das usinas de reciclagem e das ATT, o modelo estará validado, visto que os ecopontos e aterros de entulhos podem ser considerados como os pilares do modelo, de responsabilidade pública para a sua operacionalização e, portanto, têm um apelo muito social, já estando os seus custos, de alguma forma, embutidos nos atuais serviços de limpeza urbana.

5.1. ANÁLISE ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE USINAS DE RECICLAGEM DE ENTULHO

Conforme Peng et al. (1997, p.52 à 56), o sucesso da atividade de reciclagem de resíduos depende, entre outros fatores, do tamanho e localização do terreno utilizado para a instalação da usina, da utilização de equipamentos apropriados, de equipes adequadamente treinadas para o desenvolvimento das operações necessárias à reciclagem e da capacidade financeira do empreendedor.

De acordo com NAHB (1993) e PENG et AL (1997, p.50), é importante que se leve em consideração na determinação da viabilidade econômica da reciclagem de resíduos de construção e demolição, os seguintes pontos:

- a) identificar os materiais a serem reciclados;
- b) determinar o custo/benefício da reciclagem;
- c) desenvolver planos de gerenciamento de resíduos e incluí-los nos documentos de contrato;
- d) implementar o plano de gerenciamento de resíduos e treinar os contratantes e contratados;
- e) conscientizar a participação de contratantes e contratados.

Ainda, Peng et al. (1997, p.55) salientam que o investimento de instalação de usinas de beneficiamento deve ser de longo prazo, pois no período de adaptação do sistema pode haver baixa produtividade, além de que o mercado para os produtos reciclados pode estar apenas em desenvolvimento. Entretanto, Pinto (1997, p.31 e 32) destaca que, no caso de adoção de usinas de reciclagem pelo setor público, a amortização do investimento pode ser menor prazo,

pois haverá a eliminação dos custos de limpeza urbana dos resíduos e dos custos de aquisição de agregados naturais. No entanto, a quantificação destes custos é de difícil mensuração e não será objeto deste trabalho.

Neste trabalho estaremos enfatizando, primordialmente, a administração de usinas pelo poder privado, por entendermos que essa é a forma mais eficiente e dinâmica de viabilizar o processo.

Para o cálculo do custo da usina, os seguintes itens serão analisados:

5.1.1 Cálculo Custos Operacionais

a) Consumo de energia

A média mensal de consumo de uma usina com capacidade de 30 t/h é de 10.000 kWh. Segundo dados da Agência Internacional de Energia, coletados pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) o preço médio da energia industrial no Brasil é de R\$0,34/kWh.

b) Consumo de água

Estaremos considerando, para efeito desse trabalho, o custo unitário da tarifa da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), que é de R\$3,34 m³. A média mensal de consumo de água, em uma usina com capacidade de 30 t/h é de 479 m³.

c) Manutenção

O custo de manutenção preventiva e corretiva foi arbitrado em R\$ 1.090,00/mês, conforme dados coletados nas usinas de reciclagem de Belo Horizonte. As usinas de outros municípios não apresentavam este dado catalogado e discriminado.

d) Mão-de-obra

Tal qual energia elétrica e água, mão de obra é considerada variável, pois está ligada diretamente ao custo do processo de reciclagem. Para efeito de cálculo, estaremos dimensionando um contingente de 10 operários por usina, com um salário médio de R\$700,00 e encargos sociais, segundo SINDUSCON-SP, Sindipetra e CREA, de 175,75%, com base no mês de julho de 2009.

A tabela 13 resume os custos operacionais mensais, necessários para o início das atividades da usina.

Tabela 13: Custo Operacional

| Despesas | |
|------------------|--------------------|
| Itens | Valor (R\$) |
| Energia Elétrica | 3.400,00 |
| Água | 1.600,00 |
| Manutenção | 1090,00 |
| Mão-de-obra | 19.302,50 |
| Total | 25.392,50 |

Fonte: FIESP ,SABESP,SINDUSCON-SP

5.1.2 Investimentos para montagem da usina

a) Aquisição de terreno

É evidente que o custo do terreno depende da sua localização e dimensões. Para efeito de cálculo, estaremos trabalhando com terreno de 20.000 m² e custo médio por metro quadrado de R\$25,00.

b) Aquisição de equipamentos

Como já mencionado no capítulo 6, os resíduos da construção civil podem ser beneficiados em três tipos diferentes de plantas, dependendo da característica dos equipamentos usados: essas plantas são as Fixas, Semimóveis e Móveis. As Plantas Fixas são definitivas para produção de grandes volumes de produtos reciclados, tendo ainda como principal vantagem uma qualidade superior dos produtos obtidos. A partir da análise das plantas existentes para a implantação da usina de reciclagem, a escolhida foi uma Planta Fixa, como premissa. Para plantas menores que 60 t/h o mais viável é o britador de mandíbulas, com um custo operacional menor do que o do britador por impacto. A produção inicial para a fabricação na usina será de 30 t/h, sabendo que plantas menores que 30 t/h não possuem equilíbrio financeiro, não permitem a recuperação do capital investido.

A tabela 14 relaciona os equipamentos que devem fazer parte de uma usina de reciclagem fixa.

Tabela 14: Composição de uma planta fixa (SINDUSCON-SP)

| Principais Equipamentos | Produtos | |
|--------------------------------|--------------------|---------|
| Alimentador Vibratório | | |
| Britador de Mandíbula | Bica Reciclada | Corrida |
| Peneira Vibratória | Bica Reciclada | Corrida |
| Imã Permanente | Areia Reciclada | Media |
| Transportador de Correia Móvel | Pedrisco Reciclado | |
| Transportador de Correia Fixo | Brita Reciclada | |

Também será necessária a compra de uma retro escavadeira, para movimentação do material.

Alimentador Vibratório: O alimentador vibratório é um equipamento de alimentação linear, com baixa vibração, com ação confiável, longa vida útil. Em linhas de produção de pedra ou areia, o alimentador vibratório pode enviar materiais ao britador de forma uniforme e contínua.

Britador de Mandíbulas: Usado para geração do material reciclado conforme diâmetro desejado para britar pedra de alta e média dureza. O britador de mandíbula tem baixo custo de manutenção porque é projetado com aços-liga de alta resistência o que aumenta a vida útil do material. Sua montagem e desmontagem são muito fáceis, e as peças de reposição são encontradas no mercado nacional. Algo que outros britadores não possuem vida é longa, isto acontece pela lubrificação com graxa nos rolamentos e a vedação dos labirintos.

Transportador de correia: De acordo com os materiais a serem transportados, o transportador de correias pode ser instalado horizontalmente ou inclinado. É o transportador

que liga os distintos equipamentos (as peneiras e os britadores), e sua escolha depende do diâmetro máximo e da produção horária.

Peneiras Vibratórias: São dispostas em “decks” para a separação do material segundo sua granulometria. São utilizados para a gradação e o peneiramento de materiais.

Extrator de Metal: Usado para a retirada de material ferroso dos resíduos a serem britados.

Moinho de Martelo: Na máquina de moagem de martelo o motor faz o rotor girar em alta velocidade através de correia. No rotor há vários marteletes. Quando o material atinge a área de trabalho dos marteletes, os martelos rotatórios os tritura em alta velocidade de rotação, e os produtos que são britados no tamanho requerido, podem ser descarregados pela saída e se tornam os produtos finais. Os produtos de tamanho grande retornam à área de britagem pelos marteletes para serem retriturados até que atinjam o tamanho desejado.

c) Obra civil

O custo de obras civis abrange o custo de construção civil da administração, da guarita, da barreira vegetal e infra-estrutura para instalação dos equipamentos. Para Almeida e Chaves (2001, p.56) os custos de obras civis correspondem à 10% do custo de aquisição dos equipamentos principais. Já Pinto (1999, p.138 e 140) indica o valor de R\$ 60.000,00, ano base 1998, para as obras de topografia, drenagem superficial, cercamento, cortina vegetal, guarita, escritório, vestiários e bases dos equipamentos, para uma usina com capacidade de 40 t/h, representando um percentual de 22% sobre o custo de aquisição de equipamentos. Para efeito desse trabalho achamos plausível adotar essa última referência corrigida para o corrente ano pelo IPC Brasil (FGV).

d) Custo de abertura de empresa

Adotamos um valor estimado.

A tabela 15 resume os recursos financeiros necessários para a construção de uma usina.

Tabela 15: Investimento inicial de uma usina.

| Investimento em uma usina de reciclagem fixa | |
|---|---------------------|
| Itens | Valor (R\$) |
| Retro escavadeira | 86.000,00 |
| Usina de Britagem | 370.000,00 |
| Terreno | 500.000,00 |
| Obra civil | 125.000,00 |
| Abertura da Empresa | 2.000,00 |
| Total | 1.083.000,00 |

5.1.3 Cálculo da receita proveniente dos produtos reciclados

a) Produção do equipamento

Como premissa, a usina tem capacidade inicial de produção de 30 toneladas/hora. Como este estudo é para uma empresa privada, torna-se necessário um rigoroso Gerenciamento de Resíduo com foco comercial, que envolva os construtores, a prefeitura e os proprietários de caminhões caçamba para captação de volume de entulho que seja necessário para a alimentação da produção da usina. Todo o material quando for aprovado pela usina passará por uma seleção manual. Nesta seleção uma parte do resíduo será descartada. Este material descartado será enviado para o aterro de entulho municipal.

Segundo FIUZA et al (2001), em Belo Horizonte, em 1999, a participação percentual dos entulhos em relação aos resíduos sólidos destinados ao aterro sanitário foi de 48,67%, enquanto os resíduos provenientes da coleta domiciliar e comercial corresponderam a 31,16%. Percebe-se tamanha representatividade dos entulhos perante aos resíduos sólidos urbanos.

A Tabela 16 apresenta dados sobre a produção de entulhos para algumas localidades no Brasil e no exterior.

Tabela 16: Estimativa de produção de entulho para diversas localidades

| Local Gerador | Geração Estimada (toneladas/mês) |
|-----------------------|---|
| São Paulo | 372.000 |
| Rio de Janeiro | 27.000 |
| Brasília | 85.000 |
| Belo Horizonte | 102.000 |
| Porto Alegre | 58.000 |
| Salvador | 44.000 |
| Recife | 18.000 |
| Curitiba | 74.000 |
| Fortaleza | 50.000 |
| Florianópolis | 33.000 |
| Europa | 16.000 a |
| | 25.000 |
| Reino Unido | 6.000 |
| Japão | 7.000 |

Fontes: Pinto (1987), Pera (1996) e CIB (1998)

Pela análise dos dados da tabela e baseando-se na literatura disponível sobre o assunto, fica evidenciado, que a quantidade de entulho gerada nos centros urbanos é bastante representativa. Esta conclusão é reforçada com a perspectiva do aumento de geração de entulho, face ao volume de construções e demolições que ocorrerão no Brasil nos próximos anos, como consequência da preparação da infra-estrutura para sediar a copa de futebol de 2010 e as olimpíadas de 2016.

b) Aplicações e tipos de produtos resultantes da reciclagem

Os reciclados de entulho são agregados e componentes com características variáveis, que devem ser conhecidas, para poder se determinar a sua aplicação mais adequada. Os países desenvolvidos vêm consolidando o uso de RCD reciclado como material de enchimento para a preparação de terrenos, para projetos de drenagem, para a sub-base de vias e estradas, e como agregado para a produção de novo concreto (HANSEN, 1992), sendo este último uso o ocorrente em menor volume.

Alguns levantamentos de desempenho das argamassas com agregados reciclados foram realizados por várias empresas, entre elas a Testin-Tecnologia de Materiais, Betontec-Tecnologia e Engenharia, e Teste-Engenharia do Concreto. (CAMARGO, 1995) Esses trabalhos basearam-se em análises de comparação entre a argamassa tradicional e outra proveniente de entulho, além de vários ensaios de desempenho.

Os principais resultados demonstraram que o produto feito de entulho chega a apresentar resistência praticamente três vezes superior à argamassa tradicional. O engenheiro civil André Natenzon (CAMARGO, 1995), diretor comercial da Anvi, explica que isso se deve à pozolana, em maiores concentrações, proveniente da moagem de blocos cerâmicos. Natenzon, ainda comenta a excelente resistência desse material ao arrancamento e afirma que o seu módulo de elasticidade é maior do que o de argamassas tradicionais. Todavia, conforme ressalta CORBIOLI, 1996, existem algumas restrições quanto ao uso de agregados reciclados:

- ✓ argamassas à base de entulho são porosas, não devendo ser utilizadas como impermeabilizantes;
- ✓ de modo geral, os produtos à base de entulho reciclado não devem ser utilizados onde haja exigências estruturais;
- ✓ gesso e EPS - poliestireno expandido são os grandes inimigos da reciclagem: a massa com gesso perde a liga, com EPS perde resistência.

Os subprodutos mais importantes, resultantes do processo de reciclagem de entulho são a areia e a brita, dado a sua grande procura para o emprego em grandes obras públicas, como a construção de estradas e construções particulares.

c) Preço de venda dos produtos.

O produto reciclado tem uma boa aceitação na construção civil e o seu custo é bem inferior ao produto natural, cerca de 30%%, conforme dados obtidos das Prefeituras de São

José dos Campos – SP e de Belo Horizonte – MG. A tabela 17 relaciona os custos dos principais produtos.

Tabela 17 : Custo do Produto Natural x Reciclado (Prefeituras SP e MG)

| Tipo produto | Produto Natural R\$/m3 | Produto Reciclado R\$/m3 |
|---------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Areia fina | 81,10 | 25,00 |
| Areia média | 76,15 | 23,00 |
| Areia grossa | 78,30 | 23,00 |
| Brita n. 2 | 77,36 | 23,00 |
| Brita n. 3 | 73,67 | 23,00 |

Para determinarmos a correspondência de produtos em metros cúbicos da usina, devemos adotar a relação:

$$P = V \times d$$

Onde P = peso em Kg, V = volume em m³ e d = peso específico da substância em Kg/m³.

A tabela 18 relaciona essas grandezas.

Tabela 18: Custo do Produto Reciclado em R\$/ton. (Prefeitura SP e MG)

| Tipo produto | Peso específico Kg/m3 | Produto Reciclado R\$/ton. |
|---------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| Areia fina | 1400 | 18,00 |
| Areia média | 1500 | 15,00 |
| Areia grossa | 1700 | 14,00 |
| Brita n. 2 | 1400 | 16,00 |
| Brita n. 3 | 1400 | 16,00 |

Considerando que a produção da usina é de 30 toneladas/hora, a sua capacidade mensal ficará em torno de 6.240 (30x8x26) toneladas de produtos reciclados. Se adotarmos, para efeito de ordem de grandeza, o custo médio de comercialização dos produtos reciclados, de R\$ 15,80/ton., a receita mensal inicial da usina será de R\$ 98.592,00

5.1.4 Viabilidade Econômica da Usina de Reciclagem

a) Amortização de investimento

Buscaremos aqui determinar o custo do encargo mensal face ao empréstimo contraído para a construção da usina de reciclagem. Usaremos como referencia o plano de financiamento que a Caixa Econômica Federal possui para de projetos de Manejo de Resíduos de Construção e Demolição, onde as condições são:

- desembolso com parcelas mensais;
- Taxa de juros: de 5% a 6% ao ano, conforme modalidade;
- Taxa de risco de crédito: limitado a 1%;

A amortização mensal, realizada em 60 meses, por hipótese, será de R\$20.937,43, sendo esse resultado obtido pela equação:

$$P = \frac{D * i * (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Sendo:

D = dívida;

i = taxa de juros;

n = tempo de amortização.

$$P = \frac{1.083.000 * 0,005 * (1+0,005)^{60}}{(1+0,005)^{60} - 1} = 20.937,43$$

b) Valor Presente Líquido (VPL)

O valor presente líquido (VPL) é uma função utilizada na análise da viabilidade de um projeto de investimento. Ele é definido como o somatório dos valores presentes dos fluxos estimados de uma aplicação, calculados a partir de uma taxa de atratividade dada e de seu período de duração. Os fluxos estimados podem ser positivos ou negativos, de acordo com as entradas ou saídas de caixa.

A taxa fornecida à função representa o rendimento esperado do projeto. Caso o VPL encontrado no cálculo seja negativo, o retorno do projeto será menor que o investimento inicial, o que sugere que ele seja reprovado. Caso ele seja positivo, o valor obtido no projeto pagará o investimento inicial, o que o torna viável, e quanto maior mais atrativo é o projeto.

Na composição do fluxo de caixa mensal da usina de reciclagem de entulhos (tabela 19), conforme valores já reportados, consideramos:

Tabela 19: Fluxo de caixa da usina

| | |
|------------------------|---------------|
| Receita Bruta mensal | R\$ 98.592,00 |
| Despesas mensais | R\$ 25.392,50 |
| Receita Líquida mensal | R\$ 73.199,50 |

A determinação do VPL do projeto da usina pode ser obtida através da fórmula abaixo relacionada ou usando planilha de cálculo EXCEL, conforme mostra a tabela 20.

$$VPL = \frac{P * (1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n}$$

Sendo:

P = custo da venda do produto

i = taxa de juros;

n = tempo de desconto do último fluxo de caixa.

Devemos observar que o uso do programa Excel, considerou os seguintes argumentos:

Empréstimo contraído: R\$ 1.083.000,00

Tempo de amortização do empréstimo: 5 anos

Fluxo de caixa mensal: R\$ 73.199,50

Taxa de atratividade: 12% AA, 1% AM

Período de construção da usina: 3 meses

Tabela 20: Cálculo do VPL através da planilha Excel.

| DEMOSTRATIVO DO CÁLCULO DO VPL | | | |
|--------------------------------|--------------|-------|-----------------|
| Período | Fluxo | Taxa | VPL |
| 0 | - 1083000 | 1% AM | R\$1.972.680,88 |
| 1 | 0 | | |
| 2 | 0 | | |
| 3 | 0 | | |
| 4 | 73199,5 | | |
| 5 | 73199,5 | | |
| 6 | 73199,5 | | |
| 7 | 73199,5 | | |
| 8 | 73199,5 | | |
| 9 | 73199,5 | | |
| 10 | 73199,5 | | |
| 56 | 73199,5 | | |
| 57 | 73199,5 | | |
| 58 | 73199,5 | | |
| 59 | 73199,5 | | |
| 60 | 73199,5 | | |

O valor do VPL retornado, de R\$ 1.972.680,88 demonstra que o investimento feito na usina é assaz atrativo, o que conclui pela sua viabilidade econômica.

c) Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno é outra medida de investimento, porém, diferentemente do VPL, a TIR não retorna um valor monetário. Ela retorna um percentual. É a taxa necessária para igualar o valor do investimento com seus respectivos valores futuros. Isto significa que a

TIR é a taxa que zera o VPL. Em outras palavras, a TIR representa a taxa máxima que o projeto agüenta antes de se tornar negativo.

A Taxa Interna de Retorno de um investimento pode ser:

- maior do que a Taxa Mínima de Atratividade: significa que o investimento é economicamente atrativo.
 - ✓ igual à Taxa Mínima de Atratividade: o investimento está economicamente numa situação de indiferença.
- menor do que a Taxa Mínima de Atratividade: o investimento não é economicamente atrativo pois seu retorno é superado pelo retorno de um investimento com o mínimo de retorno.

Entre vários investimentos, o melhor será aquele que tiver a maior Taxa Interna de Retorno Matematicamente, a Taxa Interna de Retorno é a taxa de juros que torna o valor presente das entradas de caixa igual ao valor presente das saídas de caixa do projeto de investimento.

O cálculo pode ser realizado pela equação:

$$VPL = 0 = \text{Investimento Inicial} + \sum_{t=1}^N \frac{F_t}{(1 + TIR)^t}$$

Sendo: F_t = valor presente de entrada de caixa;

t = tempo de desconto de cada entrada de caixa;

N = tempo de desconto do último fluxo de caixa.

Utilizando o fluxo de caixa mostrado na tabela 20 , e analisando os valores, por simplicidade, ficaremos com a seguinte expressão para cálculo da TIR, baseada na fórmula acima:

$$0 = -1.083.000,00 + \frac{658.795,50}{(1+i)^1} + \frac{878.394}{(1+i)^2} + \frac{878.394}{(1+i)^3} + \frac{878.394}{(1+i)^4} + \frac{878.394}{(1+i)^5}$$

O valor de i , calculado pela fórmula acima, é o TIR desejado. A sua obtenção é mais facilmente conseguida da planilha Excel, conforme mostrado na tabela 21, a seguir;

Tabela 21: Cálculo da TIR através da planilha Excel.

| DEMOSTRATIVO DO CÁLCULO DA TIR | | | |
|--------------------------------|----------|--------|-----|
| Período | Fluxo | Taxa | TIR |
| 0 | -1083000 | 12% AA | 67% |
| 1 | 658795,5 | | |
| 2 | 878394 | | |
| 3 | 878394 | | |
| 4 | 878394 | | |
| 5 | 878394 | | |

O valor da TIR retornado, de 67% demonstra com muita folga que o investimento feito na usina é assaz atrativo, o que ,novamente, conclui-se pela sua viabilidade econômica.

5.2. ANÁLISE ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DA ATT

Como já definido no capítulo 6, Área de Transbordo e Triagem (ATT) é um estabelecimento privado ou público destinado ao recebimento de resíduos da construção civil e resíduos volumosos gerados e coletados por agentes privados, e que deverão ser usadas para a triagem dos resíduos recebidos, eventual transformação e posterior remoção para adequada disposição, conforme especificações da norma brasileira NBR 15.112/2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT;

Os objetivos fundamentais de uma ATT é diminuir problemas ambientais causados pelo descarte irregular de entulhos e promover a geração de emprego e renda, eliminando desta forma os resíduos sólidos gerados pela construção civil, que são despejados em córregos, nascentes, áreas verdes e zonas periféricas.

A despeito de seus objetivos sociais as ATT, quando devidamente administrada, podem representar um negócio lucrativo e atrair o interesse do capital privado.

Do ponto de vista operacional, as ATT recebem o despejo de entulhos das fontes geradoras e procede a sua triagem, obtendo como subprodutos materiais tais como, metais, vidros, gesso, madeira, papel, sacos de cimento, plásticos em geral, que servem de insumos para as indústrias, além de alguns produtos que podem ter utilização imediata, como portas, janelas, torneiras, registros hidráulicos, utensílios de banheiros e cozinhas, etc. Esses

materiais e produtos constituem-se numa das fontes de receitas de uma ATT. Outra fonte de receita é o recebimento do próprio entulho pago pelo gerador ou pelo caçambeiro que faz o seu transporte de forma autônoma.

O entulho que deixa de ser reciclado em todo o Brasil anualmente gira em torno de 85 milhões de toneladas, conforme cálculo do grupo que elaborou a resolução do Conama sobre resíduos da construção civil, que passou a valer em janeiro de 2003. Cerca de 80% do lixo de construção pode ser moído e usado como base na pavimentação e na construção civil, e quase 10% são plásticos, metais, vidros e papéis. Fonte: www.reciclaveis.com.br/noticias

Só para exemplificar, as diversas Áreas de Transbordo e Triagem já existentes em Belo Horizonte, São Paulo, São José do Rio Preto-SP, Guarulhos-SP e Piracicaba-SP, em sua maioria empreendimentos privados, são sustentáveis e vão se consolidando economicamente. São áreas como estas que permitem a geração de receitas pela recepção de cargas e pela comercialização de resíduos triados, que poderão viabilizar um cenário eficaz para os esforços que vêm sendo desenvolvido para a gestão ambiental o ao mesmo tempo gerar emprego, renda e lucro.

A tabela 22 relaciona a quantidade de entulho recebida em ATT de São Paulo, no ano de 2007.

Tabela 22: Destinação média de Entulho nas ATT de São Paulo

| ATT | Quantidade de entulho Toneladas/dia |
|-------------------------|--|
| PEPEC Aricanduva | 846 |
| Itatinga | 1.005 |
| Leopoldina | 989 |

Fonte: www.abes-pr.org.br

Para se ter idéia da estrutura de uma ATT, estaremos considerando como exemplo a ATT de Pari, também em São Paulo, que possui uma área de terreno bastante grande, em torno de 12.000 m², com dois galpões em série que somam pouco mais de 9.000 m², além de um pátio descoberto utilizado para o estacionamento de veículos de passeio e daqueles

utilizados no transporte dos resíduos sólidos. Além do estacionamento o pátio descoberto é utilizado para a disposição de caçambas estacionárias.

O Galpão “A”, situado junto ao alinhamento da Rua Joaquim Carlos é utilizado como depósito e pátio para a triagem dos resíduos enquanto que o Galpão “B”, situado junto ao alinhamento da Rua Paulo Andrighetti é utilizado para o armazenamento e recuperação das caçambas estacionárias danificadas. Além dos galpões, há uma edificação junto ao alinhamento do terreno, voltado para a Rua Paulo Andrighetti, onde funciona o escritório administrativo da ATT e outras dependências.

Todo o perímetro da ATT está murado com exceção apenas nos acessos que são vedados com portões metálicos de correr. Junto ao portão principal da ATT há uma guarita, a partir da qual se procede ao controle de entrada e saída tanto de veículos como de pedestres. (TOLEDO, 2007)

A figura 21 mostra uma visão satélite da referida ATT, fornecida pelo Google-Earth.



Figura 21: Localização da ATT Pari (MAPLINK, 2007).

✓ **Transbordo e Triagem dos Resíduos Sólidos**

Até que o conteúdo das caçambas seja despejado na área de triagem não há como determinar o tipo de resíduos que há no interior destas, porém, há uma tática utilizada para estimar o tipo de material. Esta tática consiste na observação do volume e peso das caçambas quando estas são içadas para o descarregamento e / ou carregamento nos caminhões poliguindastes (TOLEDO 2007). Entretanto, nem sempre a teoria condiz com a realidade e na prática muitas caçambas chegam com material heterogêneo o que pode onerar o processo de triagem.

A figura 22 mostra uma visão interior da ATT Pari, onde se pode o estado de um dos montes de resíduo quanto a quantidade de diferentes resíduos transportados pelos caçambeiros.



Figura 22: Detalhe de monte de resíduos sólidos heterogêneos (TOLEDO 2007).

Após o despejo dos resíduos sólidos no interior do galpão inicia-se a triagem deste material. O processo de triagem tende a ser desgastante e demorado, pois é feito manualmente. À medida que os resíduos sólidos são triados, separam-se aqueles classificados conforme as Classes “B”, “C”, “D” restando os resíduos Classe “A”. Os resíduos retirados são transportados para as caçambas conforme especificação. Para o transporte destes resíduos triados no interior do galpão utilizam-se carrinhos e sacos plásticos.

A figura 23 mostra uma visão do fundo do galpão com a organização dos contêineres que receberão os materiais triados, enquanto as figuras 24 que se seguem dão uma idéia do acondicionamento dos produtos selecionados.



Figura 23 : Vista do fundo do galpão com as caçambas posicionadas para o recebimento dos resíduos conforme especificação existente na parede.



Resíduos triados Classe "A"



Guarda de resíduos de vidro



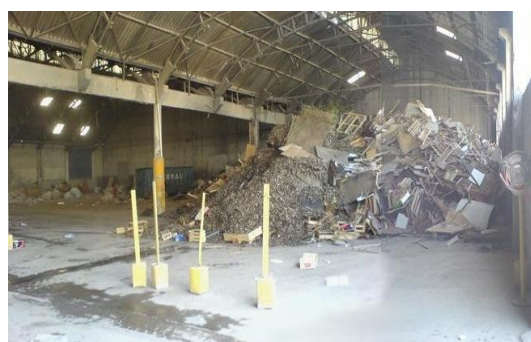
a) Armazenamento de papel



b) Plástico duro



c) Resíduos de papelão



d) Resíduos de madeira



e) Resíduos de gesso

Figura 24: Acondicionamento por tipo de produto triado

✓ **Relatório de Entrada e Saída de Resíduos Sólidos**

A ATT Pari mantém um registro mensal da quantidade dos resíduos que entram e saem da ATT, sendo que foi apresentado, como exemplo, o relatório do mês de agosto de 2.007. O relatório é emitido em duas partes, sendo que o primeiro registra os resíduos recebidos pela ATT e o segundo registra os resíduos que saíram da ATT.

O relatório de resíduos recebido pela ATT, denominado Controle de Entrada de Resíduos da Construção Civil é reproduzido na Tabela 23.

Tabela 23: Controle de Entrada de Resíduos da Construção Civil

| Data | Caçambas (4m³) | Volume Recebido (m³) | Data | Caçambas (4m³) | Volume Recebido (m³) |
|--------------|--------------------------------------|--|-------------|--------------------------------------|--|
| 01/08/07 | 84 | 336 | 17/08/07 | 104 | 416 |
| 02/08/07 | 75 | 300 | 18/08/07 | 68 | 272 |
| 03/08/07 | 84 | 336 | 19/08/07 | 12 | 48 |
| 04/08/07 | 46 | 184 | 20/08/07 | 96 | 384 |
| 05/08/07 | 12 | 48 | 21/08/07 | 81 | 324 |
| 06/08/07 | 81 | 324 | 22/08/07 | 92 | 368 |
| 07/08/07 | 69 | 276 | 23/08/07 | 90 | 360 |
| 08/08/07 | 89 | 356 | 24/08/07 | 97 | 388 |
| 09/08/07 | 75 | 300 | 25/08/07 | 72 | 288 |
| 10/08/07 | 74 | 296 | 26/08/07 | 12 | 48 |
| 11/08/07 | 55 | 220 | 27/08/07 | 97 | 388 |
| 12/08/07 | 4 | 16 | 28/08/07 | 83 | 332 |
| 13/08/07 | 91 | 364 | 29/08/07 | 95 | 380 |
| 14/08/07 | 73 | 292 | 30/08/07 | 74 | 296 |
| 15/08/07 | 90 | 360 | 31/08/07 | 104 | 416 |
| 16/08/07 | 103 | 412 | | | |
| Total | | | | 2.282 | 9.128 |

Fonte: ATT Pari – Maxxipappel Comércio de Aparas e Sucatas (Toledo 2007).

Analogamente, o relatório de saída dos resíduos triados ATT, denominado Controle de Saída de Resíduos da Construção Civil é reproduzido na Tabela 24 – Controle de Saída de Resíduos da Construção Civil.

Tabela 24: Controle de Saída de Resíduos da Construção Civil (toneladas)

| Data | Gesso | Metais | Plásticos | Papelão | Papel | Rejeito | Madeira | Entulho | Total |
|-------------|--------------|---------------|------------------|----------------|--------------|----------------|----------------|----------------|--------------|
| 01/08/07 | | 37 | 37 | 37 | 37 | 37 | 111 | 100 | 396 |
| 02/08/07 | | | | | 37 | 74 | 111 | 100 | 322 |
| 03/08/07 | | | | 37 | 37 | 37 | 111 | 120 | 342 |
| 04/08/07 | | 37 | | | | 37 | 74 | 100 | 248 |
| 05/08/07 | | | | | | | | | 0 |
| 06/08/07 | 25 | | 37 | | 37 | 37 | 111 | 100 | 347 |
| 07/08/07 | | | 37 | 37 | 37 | 37 | 74 | 100 | 322 |
| 08/08/07 | 25 | 37 | | 37 | 37 | 37 | 37 | 120 | 330 |
| 09/08/07 | | | | | 37 | 37 | 111 | 100 | 285 |
| 10/08/07 | | | | | 37 | 37 | 111 | 80 | 265 |
| 11/08/07 | 25 | | 37 | 37 | 37 | 37 | 111 | 80 | 364 |
| 12/08/07 | | | | | | | | | 0 |
| 13/08/07 | 25 | 37 | 37 | | 37 | 37 | 37 | 120 | 330 |
| 14/08/07 | | | | 37 | 37 | 74 | 111 | 120 | 379 |
| 15/08/07 | | | | | 37 | 74 | 111 | 120 | 342 |
| 16/08/07 | | | 37 | 37 | 37 | 74 | | 120 | 305 |
| 17/08/07 | | | | 26 | 37 | 74 | 74 | 120 | 331 |
| 18/08/07 | | 37 | 37 | | 37 | 74 | 148 | 100 | 433 |
| 19/08/07 | | | | | | | | | |
| 20/08/07 | 25 | | | | 37 | 74 | 111 | 100 | 347 |
| 21/08/07 | | 37 | | | 37 | 74 | | 100 | 248 |

| | | | | | | | | |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| 22/08/07 | | | 37 | 37 | 37 | 111 | 100 | 322 |
| 23/08/07 | 25 | | 74 | | 74 | 74 | 100 | 347 |
| 24/08/07 | | | | 37 | 74 | 74 | 100 | 285 |
| 25/08/07 | | | | 37 | 74 | 111 | 120 | 342 |
| 26/08/07 | | | | | | | | 0 |
| 27/08/07 | | | 37 | 37 | 37 | 74 | 74 | 140 |
| 28/08/07 | | 37 | | | 37 | 74 | 111 | 160 |
| 29/08/07 | 15 | | | | | 111 | | 120 |
| 30/08/07 | | | 37 | 74 | 111 | 111 | 120 | 453 |
| 31/08/07 | | | | 37 | 111 | 111 | 120 | 379 |
| Total | 165 | 259 | 370 | 396 | 925 | 1702 | 2331 | 2980 |

Fonte: ATT Pari – Maxxipappel Comércio de Aparas e Sucatas (Toledo 2007).

5.2.1 Análise da Viabilidade Econômica da ATT

a) Custos Operacionais

O item mão de obra é considerado o maior peso na operação de uma ATT, pois está ligada diretamente ao custo do processo de reciclagem. Para efeito de cálculo, estaremos dimensionando um contingente de 30 operários, com um salário médio de R\$ 550,00 e encargos sociais, segundo Sinduscon-sp, Sindipetra e CREA, de 175,75%, com base no mês de julho de 2009. Os demais custos foram estimados arbitrariamente.

A tabela 25 resume os custos operacionais mensais, necessários para o início das atividades da ATT.

Tabela 25: Custo Operacional

| Despesas | |
|------------------|--------------------|
| Itens | Valor (R\$) |
| Energia Elétrica | 500,00 |
| Água | 150,00 |
| Manutenção | 300,00 |
| Mão-de-obra | 45.498,75 |
| Total | 46.448,75 |

5.2.2 Investimentos necessários para a ATT

a) Aquisição de terreno

Para efeito de cálculo, estaremos trabalhando com terreno de 12.000 m² e custo médio por metro quadrado de R\$25,00.

b) Aquisição de equipamentos

Existem diversos equipamentos para o transporte e tratamento dos resíduos sólidos, como, por exemplo, as bombonas, sacos, contêineres, caçambas estacionárias, caminhões basculante, pá- carregadeira, etc. ALENCAR, 2.006 descreve as bombonas como “recipientes com capacidade para 50 litros, com diâmetro na abertura de aproximadamente 35 cm após o corte da parte superior.

Estamos estimando um investimento de R\$ 300.000,00 para aquisição dos equipamentos necessários à operação de uma ATT, incluindo-se uma pá-carregadeira e caminhão para entrega de produtos.

c) Obra civil

O custo de obras civis abrange o custo de construção civil da administração, da guarita, da barreira vegetal e infra-estrutura para funcionamento da ATT.

Para Almeida e Chaves (2001, p.56) os custos de obras civis correspondem à 10% do custo de aquisição dos equipamentos principais. Já Pinto (1999, p.138 e 140) indica o valor de R\$ 60.000,00, ano base 1998, para as obras de topografia, drenagem superficial, cercamento, cortina vegetal, guarita, escritório, vestiários e bases dos equipamentos, para uma usina com capacidade de 40 t/h, representando um percentual de 22% sobre o custo de aquisição de equipamentos. Para efeito desse trabalho achamos plausível adotar essa última referência corrigida para o corrente ano pelo IPC Brasil (FGV).

d) Custo de abertura de empresa

Adotamos um valor estimado.

A tabela 26 resume os recursos financeiros necessários para a construção de uma ATT.

Tabela 26: Investimento inicial de uma ATT.

| Investimento em uma usina de reciclagem fixa | |
|---|--------------------|
| Itens | Valor (R\$) |
| Equipamentos | 300.000,00 |
| Terreno | 300.000,00 |
| Obra civil | 125.000,00 |
| Abertura da Empresa | 2.000,00 |
| Total | 727.000,00 |

5.2.3 Cálculo da receita em uma ATT

Serão considerados como fontes de receita da ATT o valor pago pelos grandes e médios produtores para descarte de entulho e as receitas advindas da venda dos produtos triados. Por hipótese, o volume de entulho descartado pela prefeitura, estimado em 50% do recebimento diário da ATT, não será remunerado

Conforme informações obtidas das Construtoras visitadas, em municípios com escassez de local público para descarte de entulho, como é o caso de Niterói no estado do Rio de Janeiro, o custo cobrado pelos receptores privados fica em torno de R\$12,00 por tonelada.

Para a venda de produtos triados, assumiremos um valor médio por tonelada de material, independente da sua natureza, de R\$150,00, conforme pesquisa feita em anúncios de compra de sucatas ferro, alumínio, papel e reciclagem em geral. (<http://www.reciclaveis.com.br/noticias>)

Considerando, para efeito de referência, os dados fornecidos pela ATT Pari, e informações obtidas da literatura, foram adotados os seguintes parâmetros para o dimensionamento de uma ATT hipotética, conforme delineado na tabela xx:

- ✓ Volume mensal total de entulho recebido – 9.000 toneladas;
- ✓ Volume mensal de produtos triados, para venda – 30% do volume manuseado = 2700 toneladas

Tabela 27: Receitas da ATT

| Origem da receita | R\$/ton. | Média mensal (ton.) | Receita Bruta (R\$) |
|-------------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|
| Recebimento de entulho | 12,00 | 4500 | 54.000,00 |
| Produtos triados | 150,00 | 2700 | 405.000,00 |
| Total | | | 459.000,00 |

5.2.4 Viabilidade econômica da ATT

a) Amortização de investimento

Buscaremos aqui determinar o custo do encargo mensal face ao empréstimo contraído para a construção da usina de reciclagem. Usaremos como referencia o plano de financiamento que a Caixa Econômica Federal possui para de projetos de Manejo de Resíduos de Construção e Demolição, onde as condições são:

- desembolso com parcelas mensais;
- Taxa de juros: de 5% a 6% ao ano, conforme modalidade;

- Taxa de risco de crédito: limitado a 1%;

A amortização mensal, realizada em 60 meses, por hipótese, será de R\$14.054,95 sendo esse resultado obtido pela equação:

$$P = \frac{D * i * (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Sendo:

D = dívida;

i = taxa de juros;

n = tempo de amortização.

$$P = \frac{727.000 * 0,005 * (1+0,005)^{60}}{(1+0,005)^{60} - 1} = 14.054,95$$

b) Valor Presente Líquido (VPL)

Na composição do fluxo de caixa mensal da ATT (tabela 28), conforme valores já reportados, consideramos:

Tabela 28: Fluxo de caixa da ATT

| | |
|------------------------|----------------|
| Receita Bruta mensal | R\$ 459.000,00 |
| Despesas mensais | R\$ 46.448,75 |
| Receita Líquida mensal | R\$ 412.551,25 |

A determinação do VPL do projeto da usina pode ser obtida através da fórmula abaixo relacionada ou usando planilha de cálculo EXCEL, conforme mostra a tabela 29.

$$VPL = \frac{P * (1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n}$$

Sendo:

P = custo da venda do produto

i = taxa de juros;

n = tempo de desconto do último fluxo de caixa.

Devemos observar que o uso do programa Excel, considerou os seguintes argumentos:

Empréstimo contraído: R\$ 727.000,00

Tempo de amortização do empréstimo: 5 anos

Fluxo de caixa mensal: R\$ 412.551,25

Taxa de atratividade: 12% AA, 1% AM

Período de construção da ATT: 3 meses

Tabela 29: Cálculo do VPL através da planilha Excel.

| DEMOSTRATIVO DO CÁLCULO DO VPL | | | |
|--------------------------------|-----------|-------|------------------|
| Período | Fluxo | Taxa | VPL |
| 0 | -727000 | 1% AM | R\$16.441.534,82 |
| 1 | 0 | | |
| 2 | 0 | | |
| 3 | 0 | | |
| 4 | 412551,25 | | |
| 5 | 412551,25 | | |
| 6 | 412551,25 | | |
| 7 | 412551,25 | | |
| 8 | 412551,25 | | |
| 9 | 412551,25 | | |
| 10 | 412551,25 | | |
| | | | |
| 56 | 412551,25 | | |
| 57 | 412551,25 | | |
| 58 | 412551,25 | | |
| 59 | 412551,25 | | |
| 60 | 412551,25 | | |

O valor do VPL retornado, de R\$ 16.441.534,82 demonstra que o investimento feito na ATT é assaz atrativo, o que conclui pela sua viabilidade econômica.

c) Taxa Interna de Retorno (TIR)

Utilizando o fluxo de caixa mostrado na tabela xx anterior, e anualizando os valores, por simplicidade, obtemos o valor da TIR através da planilha Excel, conforme mostrado na tabela 30:

Tabela 30: Cálculo da TIR através da planilha Excel.

| DEMOSTRATIVO DO CÁLCULO DA TIR | | | |
|--------------------------------|-------------|--------|------|
| Período | Flu xo | Taxa | TIR |
| 0 | - 727000 | 12% AA | 537% |
| 1 | 3712961,25 | | |
| 2 | 4950615 | | |
| 3 | 4950615 | | |
| 4 | 4950615 | | |
| 5 | 4950615 | | |

O valor da TIR retornado, de 537% demonstra com muita folga que o investimento feito na ATT é assaz atrativo, o que ,novamente, conclui-se pela sua viabilidade econômica.

6. CONCLUSÃO

A implantação da logística reserva revela-se como uma grande oportunidade de se desenvolver a sistematização dos fluxos de resíduos, bens e produtos descartados – seja pelo fim de sua vida útil, seja por obsolescência tecnológica ou outro motivo – e o seu reaproveitamento, dentro ou fora a cadeia produtiva que o originou, contribuindo para o respeito ambiental, por meio da redução do uso de recursos naturais, e conseqüente economia das reservas minerais, assim como a mitigação de outros impactos ambientais.

Acredita-se que a exigência quanto a novos requisitos logísticos, dentre eles os de logística reversa, por parte dos clientes, sejam eles consumidores finais ou empresas, irá atingir todas as cadeias produtivas, dentre elas a da construção civil. Apesar do interesse ainda incipiente identificado na ICC, evidentemente, cada indústria ou cadeia produtiva será solicitada a seu tempo a numa velocidade específica.

No entanto, se prever esta nova necessidade, a cadeia produtiva deve antecipar-se e as novas exigências e iniciar a estruturação dos sistemas logísticos reversos desde agora, visto que a estruturação e consolidação estes sistemas demandam prazos extensos, devido a sua complexidade. Desta forma, faz-se necessária uma abordagem sistêmica dos fatores que influenciam estes fluxos, identificando-se os obstáculos e dificuldades a serem transpostos para a consecução de um sistema logístico reverso aplicado às obras civis.

A revisão bibliográfica permitiu concluir que o conceito de logística reversa pode ser aplicado à cadeia produtiva da construção civil, esse que respeitadas as características específicas desta indústria, A operacionalização desta aplicação ocorre por meio do estabelecimento de sistemas logísticas reversos – SLR.

A motivação para o estabelecimento de um SLR pode advir de uma oportunidade de negócio lucrativa, como por exemplo, o reaproveitamento de aço, da escassez de matéria-prima, como, por exemplo, o caso das madeiras e dos agregados naturais, da pressão exercida por clientes com alto poder de compra, ou por força de legislações. O SLR pode ainda configurar-se como um novo negócio (por exemplo, o reaproveitamento de resíduos de tintas) ou aprimorar um processo de aproveitamento de resíduos já existentes (por exemplo, a produção de agregados reciclados).

Em termos de abrangência, pode ser focado em um produto de pós-venda, como as embalagens, ou em um produto de pós-consumo, de denominou-se resíduo. Pode abordar um resíduo que tenha como origem atividades industriais diversas, ou ser focado em uma

atividade industrial e tratar de todos os resíduos produtivos por ela. O SLR pode ainda conter apenas um tipo de canal reverso ou diverso, como por exemplo, canal reverso de reuso e de reciclagem para um mesmo tipo de RCD.

A iniciativa em estabelecer um SLR poder ser desempenhada por uma empresa isoladamente, por exemplo, uma construtora, uma demolidora ou um fabricante de componentes, ou por uma entidade setorial ou associação de classe de um determinado agente da cadeia. No entanto, sua consolidação depende de esforços e cooperação entre todos os agentes envolvidos.

A revisão bibliográfica permitiu visualizar como as características específicas da IC influenciaram a aplicação do conceito de logística reversa. Na ICC, apesar dos insumos utilizados possuírem um ciclo e vida útil extenso (são bens duráveis), se comparados com outros produtos, tendência na utilização de reuso (por exemplo, o retrofit), reciclagem ou reforma tem demonstrado a preocupação em se evitar tanto a produção em entulho por demolição, quanto a sua economia de recursos naturais para a fabricação de novos insumos, como forma de contribuir para a construção mais sustentável. Assim, conclui-se que a função dos sistemas logísticos reversos na ICC é estabelecer canais de reaproveitamento dos produtos e RCD, integrando os agentes envolvidos em torno da questão da responsabilidade por todo o ciclo de vida do produto.

Dentre as características a ICC, a alta informalidade na ICC dificulta as previsões e gerenciamento dos RCD, principalmente em relação ao controle das deposições ilegais e das destinações incorretas. Já a extensão territorial do Brasil, associada à sofrível infra-estrutura de transporte rodoviário, acarreta custos de distribuição e coleta expressivos para as SLR, dificultando a viabilidade dos CDR. Comumente as indústrias estão longe dos pontos de consumo e vice e versa.

No âmbito social, o baixo grau de capacitação da mão de obra e do nível técnico-gerencial nas empresas construtoras é outra característica da ICC que pode contribuir para uma significativa geração de RCD.

A ocorrência no Brasil da copa do mundo, em 2014 e dos jogos olímpicos, em 2016 motivará um acelerado ritmo de construções e demolições, resultando na geração de grandes volumes de entulhos, sendo um motivador adicional e decisivo para a implantação SLR na IC.

As empresas dispostas a estabelecer um SLR precisam capacitar seus trabalhadores, para que estes sejam capazes de absorver processos mais complexos e sistêmicos, como os

que são necessários para a maior eficiência dos sistemas logísticos reversos. Além disso, a abertura de novos negócios inseridos no sistema de logística reversa, como a coleta seletiva, a reciclagem de várias frações e o gerenciamento do transporte de RCD, pode impulsionar a geração de novos postos de trabalho. Os agentes envolvidos podem ainda contribuir por estruturar as atividades de logística reversa já existente em sistemas formais, mais organizados e eficientes.

Ainda em relação à questão social, impõe-se às cadeias reversas da ICC o desafio social e inclusão de catadores, também conhecidos por carroceiros e carrinheiros. Vislumbra-se como alternativa a organização destes em cooperativas de reciclagem e postos de acumulação e adensamento de resíduos.

O estudo de cadeia direta forneceu elementos importantes, como localização de plantas industriais e nível de integração das relações comerciais, para a compreensão da dinâmica dos canais de distribuição diretos (CDD) e sua relação com os canais de distribuição reversos (CDR). Foi possível concluir acerca dos fatores técnicos, econômicos, mercadológicos, ambientais e sociais que podem influenciar na operacionalização de canais de distribuição reversos de pós-consumo de RCD.

Por outro lado, demonstrou-se como as atividades de logística reversa podem subsidiar a decisão de atitudes e como seu estabelecimento pode beneficiar todas as dimensões do desenvolvimento sustentável na ICC.

Constatou-se que o gerenciamento de RCD dentro do canteiro de obras é determinante da quantidade e qualidade do RCD gerado. Se os processos e triagem ocorrem na fonte, evitando-se a contaminação, maiores são as chances de reaproveitamento dos RCD.

Para os RCD classe A e B, os que já possuem mercado consumidor, os SLR auxiliam no planejamento e controle das atividades, a custos possíveis e nos prazos requeridos. Para os RCD classe C foi comprovada a importância da participação dos fabricantes na implantação de um SLR para cada resíduo, e a necessidade de legislações complementares às já existentes.

O gerenciamento de RCD classe C para os quais é possível identificar o fabricante, é diferente daqueles onde não é possível, como gesso de revestimento e tintas. Para os RCD 'identificáveis' é possível obter informações, pois sabe-se a origem. Para os RCD para os quais não é possível a identificação, a reciclagem tem que ser uma iniciativa conjunta dos fabricantes, geralmente representados por associações setoriais.

Dentre os mecanismos utilizados em outros países para motivar o estabelecimento dos SLR destacam-se a cobrança de altas taxas de deposição em aterros e a responsabilização do fabricante de produto pelo resíduo gerado por este. Acredita-se que, a médio e prazo, a ausência de opções de adequada destinação de um RCD provocará a perda de competitividade do produto que o gerou.

No Brasil, a política do take-back é aplicada a alguns resíduos, como os provenientes de pilhas e baterias e de pneus. A aplicação desta política para os RCD, sem distinção de suas frações, não é interessante, pois o custo logístico de retornar o resíduo ao fabricante do produto é, por muitas vezes, alto inviabiliza economicamente o seu aproveitamento.

Assim, para determinadas frações do RCD, como, por exemplo, a fração mineral, em que as tecnologias de reciclagem estão disponíveis e os canais reversos começam a se consolidar, a política de take-back não seria interessante, além de difícil aplicação. No entanto, para as frações de RCD que não possuem soluções de destinação consolidadas, esta aplicação é uma oportunidade de envolver e comprometer os fabricantes a desenvolver opções adequadas de destinação.

Isto porque, na ICC as empresas fornecedoras, as quais atuam como indústrias e, portanto, estão expostas a menos variáveis, incertezas e imprevistos do que a empresa construtora. Assim, o desenvolvimento da logística reversa tem maiores possibilidades de sucesso quando função destas empresas, as quais podem assumir o papel propulsora da implantação dos SLR em ICC.

A relação entre o fabricante e o distribuidor e o instalador é calcada em relação comercial, suporte técnico e treinamentos. Mas, a integração entre os processos principalmente os de comunicação e informação, é pequena.

A possibilidade de retorno de resíduos por meio do canal de distribuição direta, ou seja, a entrega do resíduo do gerador ou instalador para o distribuidor e deste para o fabricante é uma alternativa descartada. Identificou-se no trabalho de campo que os distribuidores não possuem, em geral, infra-estrutura física suficiente para receber e armazenar resíduos. Além disso, salvo algumas exceções, estes agentes possuem baixa capacitação gerencial e não estão propícios a assumir as atividades de coleta e armazenamento de resíduos a ICC, a menos que fosse sobre forte imposição dos fabricantes e com muitas restrições.

Dentre os processos de reaproveitamento, a triagem e a reciclagem foram os que possibilitaram a obtenção de produtos reciclados com maiores aplicações.

A inviabilidade econômica de um CDR de reciclagem é, muitas vezes, um problema de logística resultante, principalmente, dos altos custos de coleta e transporte advindos da existência de muitos pontos de consumo e poucos pontos de aproveitamento de resíduos.

O objetivo principal da central de reciclagem, independente de ser uma iniciativa privada ou pública, é diminuir as distâncias entre o produto e seus possíveis compradores. Por consequência, isto diminui os impactos ambientais e econômicos advindos deste transporte.

Esforços podem ser devidamente recompensados pelas possibilidades de economia de matéria prima – como demonstrado nas análises de viabilidade econômica -, parceria com grandes geradores, atuação responsável em relação ao meio ambiente e diferencial de imagem no mercado.

As simulações de análise de viabilidade econômica provaram que, atualmente, há condições para a viabilidade econômica da reciclagem de resíduos de ICC.

O modelo mais adequado é o que estabelecesse uma co-responsabilidade, inclusive em passivos ambientais, entre os administradores de usinas e ATT, os geradores de resíduos e os transportadores. O fabricante deve desenvolver, juntamente com os órgãos e pesquisa, opções adequadas de destinação e a construtora deve assegurar que o fluxo de resíduos será corretamente destinado aos locais adequados.

Os órgãos governamentais necessitam estabelecer as legislações, que definam:

- as responsabilidades e co-responsabilidades de cada agente sobre o gerenciamento dos RCD;
- as formas de fiscalização e penalização de seu cumprimento;
- a proibição da deposição de certos resíduos em aterros, em especial daqueles à base de gesso;
- taxação sobre a deposição de certos resíduos em aterros;
- taxação sobre a compra de determinados produtos que geram resíduos de difícil manejo destinação e/ou alto impacto ambiental negativo;
- Subsídios para a implantação e operação de centrais de reciclagem;
- Índices mínimos e máximos de conteúdo reciclado em determinados produtos;
- a certificação ambiental de produtos.

As entidades de classe devem organizar seus afiliados auxiliando na divulgação de estudos e na conscientização da responsabilidade ambiental e da construção sustentável. A academia precisa desenvolver conhecimento sobre, principalmente as restrições técnicas e novas aplicações dos RCD.

Os consumidores de produtos reciclados devem também auxiliar no estabelecimento claro e objetivo das especificações e qualidade e desempenho mínimas necessárias aos seus respectivos consumos.

Apesar de crescente preocupação das empresas de ICC em relação à sustentabilidade ambiental, poucas iniciativas têm sido tomadas. Esta constatação se confirma no caso dos fabricantes que apresentam um baixo comprometimento com relação às soluções de destinação dos resíduos provenientes das obras, sem levarmos em conta que os geradores e transportadores não demonstram qualquer compromisso com o descarte adequado.

Verifica-se que os fabricantes devem estimular e dar suporte às pesquisas, e assumirem papel mais ativo na busca de soluções de disposição e assumirem a reciclagem e RCD num processo vertical. Esta posição poderia lhes proporcionar um diferencial no relacionamento com os clientes, em específico as construtoras, com papel mais ativo na busca de soluções adequadas de destinação, uma vez que são os fabricantes que detêm maior conhecimento sobre o produto.

As construtoras, distribuidores, instaladores e ATT devem consolidar realizando os processos de triagem e acondicionamento com rigor e contratando apenas transportes idôneos. Elas podem ainda, por meio de seu poder de compra, pressionar os fornecedores para a busca de soluções de destinação.

Os transportes, por sua vez, devem cumprir as existências de transporte e destinação previstas nas legislações, sendo inclusive, agentes de mudança do comportamento dos geradores. Por fim, todos precisam que estabelecer sistema de informação e comunicação eficazes entre si.

O estabelecimento de cadeias de suprimentos reversas está condicionado a uma forte cooperação entre agentes, os quais devem ser alinhados estrategicamente e ter uma visão conjunta e holística do ambiente em que estão inseridos, e censo de responsabilidades sobre toda vida útil do produto.

Constata-se ainda que a consolidação da logística reversa é um processo progressivo e interdependente entre as empresas fornecedoras e as construtoras. Esforços de um único lado

(agente) ou esforço dispersos tendem a gerar resultados medíocres e por conseqüência a não propagação de seus princípios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANASTÁCIO, Assis F. **Relação entre cadeia logística tradicional e a cadeia logística reversa.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação. Uberlândia: Anais, 2003.

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)

ANDRADE, R. C. et al. **Aproveitamento do entulho da construção civil como agregado para concreto.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS E CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL, 2., 1998, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: PUCRS, 26 a 28 de outubro de 1998.

ÂNGULO, SC. **Variabilidade de Agregados Graúdos de Resíduos de Construção e Devolução Reciclados.** Dissertação (Mestrado). São Paulo: Escola Politécnica, USP, 2000.

ÂNGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JOHN, V.M. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil.** In: SIMPÓSIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL – MATERIAIS RECICLADOS E SUAS APLICAÇÕES, 4., 2001, São Paulo. Anais... São Paulo: CT 206 – IBRACON, 2001.p.43-56.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10.004.** resíduos sólidos - classificação. 2004. São Paulo, Brasil.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15.113.** resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – aterros – diretrizes para projeto, implantação e operação. 2004. São Paulo, Brasil.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15.114.** resíduos sólidos da construção civil – áreas de reciclagem – diretrizes para projeto, implantação e operação. 2004. São Paulo, Brasil.

BAKKER, MA. **12 Years of Successful Wet Processing of Building Rubble in Rotterdam.** Aufbereitungstechnik, 1993.

BALLON, R. H. **Gerenciamento da cadeia de Suprimentos: Planejamento, organização e logística empresarial.** Porto Alegre: Bookman, 2001.

BANTHIA, N.; CHAN, C. *Use of recycled aggregate in plain and fiber-reinforced shotcrete.* *Concrete International*, Detroit, MI. v.22, n.06, p.41-45, jun. 2000.

BARRA, M. *Estudio de la Durabilidad del Hormigón de Árido Reciclado en su Aplicación como Hormigón Armado.* 1996. 222 f. Tese (Doutorado) – Universidade Politècnica de Catalunya, Barcelona, 1996.

BARG, S. **Measurably sustainable developments. Review of current practice.** Industry Canada Ottawa, 1997.

BARRA, M. **Estudio de la durabilidad Del Hormigón de Árido Reciclado em Su Aplicacion como Homirgón Armado.** Barcelona, 1996. Tese (Doutorado) – Universidade Politècnica da Catalunya.

BARROS, et. al. **A two-level network for recycling sand: A case study.** *European Journal of operation research*, n°110, p.199-214, 1998.

BARROS, H. O. M. **Gerenciamento Ambiental Participativo.** Recife: UFPE, 2000.

BARTELMUS, P. **Indications of sustainable growth and development – Linkage interrogation and police use.** In: Workshop on indicators of sustainable Development. Wuppertal: Nov. 1995.

BAZUCO, R. S. **Utilização de Agregados Reciclados de Concreto para Produção de Novos Concretos.** 1999. 103 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade de Federal de Santa Catarina, 1999.

BERGER I. E.; CUNNINGHAM, P.H. e DRUMWRIGHT, M. E. *Social Allvances: Company/ Monprofit Collaboration.* *California management Review*: v47, n1, 2004.

BETIM, L; GUARNIERI, P.; RESENDE, L. M. N. ; HATAFEYAMA, K. **A logística Reversa agregando valor aos resíduos de madeira através de uma visão empreendedora.** In: 2º encontro Paranaense de Empreendedorismo e Gestão Ambiental. Ponta Grossa: Anais, 2005.

BIJEN, J. **Blast Formace Slag Cement for Durable Marine Structures.** *Stichting Betonprinia The Netherlandy*, 1996.

BODI, J; BRITO FOLHO, JA; ALMEIDA, S. **Utilização de entulho de construção civil reciclado na pavimentação urbana.** In: Reunião anual de pavimentação. Cuiabá, 1995.

BOSSE, H. **Earth at a crossroads: Paths to a Sustainable future** Cambridge University Press, 1999.

BRITO, J. A. **Cidade Versus Entulho In: Seminário de Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil 2.** São Paulo, 1999. Anais. São Paulo, Comitê Técnico Meio Ambiente (IBRACON).

CALDAS, C. H. S. e SOIBELMEN, L. **Avaliação da logística da reformulação em processos inter-organizacionais na Construção Civil,** In: Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho no Ambiente Construído. Fortaleza – CE: Anais, 2001.

CAMPOS, A. K. et AL. **Programa para Correção das Disposições e Reciclagem de Resíduos em Belo Horizonte.** In: Seminário Reciclagem de Resíduos para a Redução de Custos na Construção Habitacional. Belo Horizonte: 1994.

CARDOSO, Francisco F. **Estratégias D'Entreprises et Nouvelles Formes de Rationalisation de la Production Daus le Batiment ao Brésil et in France.** Tese de Doutorado, 1996.

CARNEIRO, A. P. et al. **Características do entulho e do agregado reciclado.** 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, 2001a. Cap.5, p.142-187.

CARNEIRO, A. P.; BURGOS, P. C.; ALBERTE, E. P. V. **Uso do agregado reciclado em camadas de base e sub-base de pavimentos.** 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, 2001b. Cap.6, p.188-227.

CARTER; ELLRAM. **Managing reverse logistics Channels with data envelopment analysis.** Entrepreneur Connect, 1998.

CATALUNYA. **Resume Del Programa de Gestió de residuos Municipals de Catalunya.** Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient, Junta de Residus.

CAVALCANTI, C. **Princípios para construção de uma sociedade sustentável no Brasil: uma visão na perspectiva da economia ecológica.** In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA: desenvolvimento sustentável: compreensão e princípios de políticas, 48., 1996, São Paulo. Anais... São Paulo: SBPC, 1996. 1CD-ROM

CHEN, How-Ji; YEN, Tsong; CHEN, Kuang-Hung. *Use of building rubbles as recycled aggregates. Cement and Concrete Research.* Elmsford, NY, US, n.33, n.1, p.125-132, 2003.

CERQUEIRA, V. **Desenvolvimento Sócio-Ambiental; Novos Paradigmas aplicados às cadeias produtivas.** Revista Científica de Design. Itajaí, SC: n2, Abril, 2008.

CHRISTOPHER, M. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Estratégia para a redução de custos e melhorias dos serviços.** São Paulo, 1997.

COLLINS, R. *Recycled Aggregats in Readymix, Materials Review. Concret Engineering International. March, 1998.*

COSTANZA, R. *Ecological economics: The science and Management of sustainability.* New York: Columbia Press, 1991.

COUTINHO, R. e MACEDO SOARES, T. D. **Gestão estratégica com Responsabilidade Social: Arcabouço Analítico para Auxiliar sua implementação em empresas no Brasil.** Revista de administração Contemporânea, v6 n3, setembro – dezembro, 2002.

CRUZ, Célia; EXTRAVIZ, Marcelo. **Captação de Diferentes Recursos para Organizações de Sociedade Civil (Coleção Gestão e Sustentabilidade).** São Paulo: Global, 2000.

DAHL, A. L. *The Big picture: Comprehensive approaches.* In: MOLDAN, B. ; BILHARZ, S. *Sustainability Indicators: Report of the project on indicators of sustainable development.* Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 1997.

DALY, H. **A Economia Ecológica e o Desenvolvimento Sustentável.** Rio de Janeiro: AS-PTA, 1991.

DEGANI, Clauze Menezes. **Sistemas de Gestão Ambiental em Empresas Construtoras de edifícios ,** EPUSP, 2003.

DING, Grace K.C. **Sustainable Construction-The role of environmental tools**, Journal of Environmental Management, 2007

DOHN; ZORDAN. **Metodologia de Avaliação do Potencial de Reciclagem de Resíduos**. Boletim Técnico BT/PCC/379 EPUSP, 2000.

DOHN; ZORDAN. **Uma Proposta de Discussão para o Construbusiness Brasileiro**. UNICAMP, 2000.

DORSTHORST, BJ. H. e HENDRIKS, CH. F. **Re-se of Construction and demolition Waste in The EU**. In: *CIB Symposium: Construction and Environment – Theory into Practice*. São Paulo: 2000. *Proceedings*. São Paulo, EPUSP, 2000.

FEARNSIDE, P. M. **Serviços Ambientais como estratégia para o Desenvolvimento Sustentável e Políticas Públicas**. São Paulo, 1997.

FLEISCHMAN, M. **Quantitative models for reverse logistics. Lecture notes in economics and Mathematical System**. Berlin: Springer, 2001.

FLEISCHIMANN et al. **The impact f product recovery on Logistics Networks Design**. INSEAD – R & D. França: n° 33, 2000.

FLEISCHIMANN et al. **A characterization of Logistics Networks for product recovery. The International journal os management Sevence**. Holanda, n° 28, 2000.

FORTES et al. **Os objetivos econômicos e ambientais da logística reversa**. Congresso RIRL (*Rencoutre Internationale de Recherche Logistique*). Fortaleza, 2004.

GOLOSMITH, E. e al. **Blueprint for survival**. Boton: Penguin, Harmondy Worth & Houghton Mifflin, 1972.

GUARNIERI, P. et al. **Obtendo Competitividade através da Logística Reversa**. *Journal of Technology Management & Innovation*, v1, 2006.

HAMASSAKI, Lt. et al. **Uso do Entulho como Agregado para Argamassas de Alvenaria**. In: *Reciclagem na Construção Civil, Alternativa Econômica para a Proteção Ambiental*. São Paulo: Anais IBRACON, 1999.

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.

HAMASSAKI, L. T.; SBRIGHI NETO, C.; FLORINDO, M. C. **Uso de entulho como agregado para argamassas de alvenaria.** In: RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL WORKSHOP., 1996, São Paulo. Anais... São Paulo: ANTAC, PCC USP, UFSC, 1996, p.107-115.

HANSEN, TC. **Recycling of Demolished concrete and Masory.** Rilem Report 6, London, 1996.

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.

HARDER, MK e FREMAN, LA. *Analysis of the Volume and Composition of Construction waste arriving at landfill.* In: *Second International Conference Buildings and The Environment.* Paris: 1997.

HARDI, P.; ZDAN, T. J. **Assessory sustainable development: Principles in practice.** Wimipeg: IISD, 1997.

HARTLEN, J. **Environment Consequences Using residues.** In: Int. Symp. On Bulk “Inert” Waste, 1995.

HENDRINCKS, C. F. **Certification system for aggregates produced from building waste and demolished buildings.** In: Environment aspects of construction with waste materials. Amsterdam: Elsevier, 1994.

HENDRIKS, C. F.; PIETERSEN, H. S. *Concrete: durable, but also sustainable?* In: DHIR, R. K.; HENDERSON, N. A.; LIMBACHIYA, M. C. (Eds.) Sustainable construction: use of recycled concrete aggregate. London: Thomas Telford Pub, 1998, p.1-18.

HONG KONG. **Hong Kong Polytechnic.** The Hong Kong Construction Association. Reduction of construction Waste-final Report. March, 1993

JAYARAMAN, et al. *The design of reverse distribution networks: Models and solution procedures.* European Journal of Operation Research: Canada, n°150, 2003.

JOHN, Vanderley M.; ANGULO, Sergio C., AGOPLAN, Vaham. **Sobre a necessidade de uma metodologia de pesquisa e desenvolvimento para a Reciclagem.** I Fórum de Universidades Paulistas – Ciência e Tecnologia de Resíduos. Lindóia, São Paulo, 2003. <http://www.reciclagem.pcc.usp.br.htm>.

JOHN, V. M. e CAVALCANTE, J. R. **Conclusões. In: Reciclagem na Construção Civil.** São Paulo: ANTAC, 1996.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** 2000. Tese (Livre Docência) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

JOHN, V. M. J. **Panorama sobre Reciclagem de Resíduos na Construção Civil.** In: Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil. São Paulo: Anais IBRACON, 1999.

JOHN V. M. **Reciclagem de Resíduos na Construção Civil – Contribuição a Metodologia de Pesquisa e Desenvolvimento.** São Paulo: Tese (livre docência) EPUSP, 2000.

KOPICKI, R. J. e al. ***Reuse and recycling reverse logistics opportunities.*** Illinois: Council of Logistics Management, 1993.

KOTLER, P. **Administração de Marketing 10 ed.** São Paulo: Atlas, 2000.

LATTERZA, L.; MACHADO JR. EF. **Concreto com agregado graúdo proveniente de reciclagem de resíduos de construção e demolição.** Escola de Reengenharia de São Carlos. USP, 1997.

LAURITZEN, E. K. ***Riim, Buiietin Third International Rilem Symposium on Demolition and Reuse of concrete and Masomy. Materials and Structures.*** June, 1994.

LATTERZA, L. M.; MACHADO JR., E. F. **Concreto com agregado graúdo proveniente da reciclagem de resíduos de construção e demolição: um novo material para fabricação de painéis leves de vedação.** In: JORNADAS SUDAMERICANAS DE ENGENHARIA ESTRUTURAL, 28. 1997, São Carlos. Anais... São Carlos, EESC/USP, v.5, p.1967-1975.

LAURITZEN, E. K. ***The global challenge of recycled concrete.*** In: DHIR, R. K.; HENDERSON, N. A.; LIMBACHIYA, M. C. (Eds.) Sustainable construction: use of recycled concrete aggregate. London: Thomas Telford Pub, 1998, p.506-519.

LEITE, P. R. **Logística Reversa: meio Ambiente e Competitividade.** São Paulo: Prentice Hall, 2003.

LEITE, P. R. **O Papel da Logística reversa e a competição nos canais reversos de remanufatura.** Anais do X Simpósio de Administração da Produção Logística e Operações Internacionais. SIMPOI/POMS, Rio de Janeiro: Agosto de 2001.

LEVY, S. M. e HELENE, PRL. **Propriedades Mecânicas de Argamassas Produzidas com Entulho de Construção.** In: Workshop Reciclagem e Reutilização de Resíduos como Materiais de Construção Civil. ANTAC: PCC USP, UFSC, 1996.

LEVY, S. M. **Reciclagem do Entulho da Construção Civil, para Utilização com Agregados para Argamassas e Concretos.** São Paulo: EPUSP, 1997.

LEVY, S. M. e HELENE, P. R. L. **Reciclagem do Entulho de Construção Civil para Utilização como Argamassas e Concretos.** São Paulo: EPUSP, 1997.

LEVY, S. M. **Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos produzidos com resíduos de concreto e alvenaria.** 2001. 194 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

LEVY, S. M.; HELENE, P. R. L. **Propriedades mecânicas de argamassas produzidas com entulho de construção civil.** In: RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL WORKSHOP, 1996, São Paulo. Anais... São Paulo: ANTAC, PCC USP, UFSC, 1996, p. 137-146.

LIMA, . **Proposição de diretrizes e elaboração de textos básicos para a normatização de resíduos de construção reciclado e suas aplicações em argamassa e concretos.** Escola de São Carlos – Departamento de Arquitetura e Planejamento. USP, 1999.

MACHADO Jr., E. F.; LATTERZA, L. M.; MENDES, C. L. **Influência do agregado reciclado de refeitos de construção e demolição nas propriedades do concreto fresco e endurecido.** In: JORNADAS SUDAMERICANAS DE INGENIERIA ESTRUCTURAL, 29., 2000, Punta Del Este, Uruguay. Memórias... Punta del Este: EDITOR, 2000, 13p. 1 CD-ROM.

MARCIANO, E. e KIHARA, Y. *Looking Green. World Cement.* Abril, 1997.

MARCONDES, F. C. S. e CARDOSO F. F. **Gerenciamento de Resíduos de construção e demolição, a experiência de construtoras paulistas.** In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da construção. Porto Alegre: ANTAC, anais 2005.

MARCONDES, F. C. S. e CARDOSO F. F. **Proposta de método de Planejamento operacional do Sistema de Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição para**

grandes geradores. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis: ANTAC, 2006.

MECNELL, Jim. **Para além da independência.** OCDE – Organização para Cooperação e o Desenvolvimento Econômico, 1991.

MICHAEL PORTER. *Toward a new conception of the environment – competitiveness relationship.* Harvard Business School, 1995.

MILANI, B. *Clean-up is More Difficult than Dumping, Environmental Technology from Switzerland.* Zurich. Swiss Association of Machinery Manufactures. Nov. 1990.

MIRANDA, L. F. R. **Estudo de fatores que influem na fissuração de Revestimento de Argamassas com Entulho Reciclado.** São Paulo: EPESP, 2000.

MORALES, G. e ÂNGULO, S. C. **Produção de concreto de cimento Portland Utilizando Entulho de Obra Reciclado.** In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Salvador: Anais ANTAC, 2000.

MORENO, H. **O Foco Ambientalista da construção Civil.** In: Seminário e Design – Interface do Desenvolvimento do Produto. São Carlos: Anais FIESP, UFSCAR, SEBRAE, 1998.

MONTGOMERY, D. G. *Workability and compressive strength properties of concrete containing recycled concrete 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.287-296.

MULDER, E et al. *Immobilization of Path in Waste Materials.* In: *Waste Materials in Constructions.* Inglaterra: 2000.

MUNSASINGHE, M. **Measuring sustainable development International Institute of Ecological Economics and World Bank.** Stockholm, 1995.

NAESS, A. *Ecology: The shallow and the deep.* In: CAHN, MA. ; O'BRIEN, R. *Thinking about the environment – readings on politics, property and the physical world.* London: M. E. Sharpe, 1996.

OLIVEIRA, A. A. e SILVA, J. T. M. **A logística reversa no processo de revalorização dos bens manufaturados.** Revista eletrônica de Administração, v.06, Ed. 07, n°02, Jan/Dez, 2005.

PATTEN B. C. *Ecological economics*, 1995.

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.

PINTO, T. P. **Metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana**. São Paulo: EPUSP, 1999.

PRONK, J.; ULHAR, M. **Sustainable development: From concept to action: The Hagne Report**. New York: United Nations Development Programme, 1992.

PUCCINI, A. L. **Matemática financeira e análise de investimentos**. Rio de Janeiro: Beta, 1977.

PUCCINI, A. L. **Matemática financeira: objetiva e aplicada**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 1998.

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., 1999, São Paulo. Anais... São Paulo: CBC, 1999. 14 p.

QUEBAUD, M. R. e BUYLE BODIN, F. **A Reciclagem de Materiais de Demolição; Utilização de agregados reciclados no concreto**. In: congresso Brasileiro de Cimento (CBC). São Paulo: Anais, 1999

REINHARDT, F. L. *Bring the environment Down to Earth Harvard Review*. Nov. – Dez. 1999.

RESOLUÇÃO CONAMA 307 DE 05 DE JULHO DE 2002. **Dispõe sobre Gestão dos Resíduos da Construção Civil**. <http://www.ibamap.hpg.ig.com.br/303702rc.htm>.

REVLOG. *International Viaking Seminar on Re-use Eindhoven*, 1999.

RILEM – *Reunion International des Laboratoires D'enais et de recherché materiaux et construction-Rilem TC Recommendation guidance for Demolition and Reuse of Concrete with Recycled Agregates Materials and Strutures*. 1994.

ROBERT, K. H. et al. *Acompan for Sustainable development. Resource magazine*, n170, 1995;

ROGERS, D. S. & TIBBEN LEMBRE, R. R. *Going backwards: Reverse logistics trends and practices*. Reno: Universidade de Nevada, 1999.

RUTHERFORD, I. *Use of models to link indicators of sustainable development*. In: MOLDAN, B; BILHARDZ, S.; *Sustainability indicators: report of the Project on indications of sustainable development*. Chichester: John Willey & Sons ltd. 1997.

SACHS, I. **Desenvolvimento sustentável, Bioindustrialização descentralizada e novas configurações rural-urbanas. Os casos da Índia e Brasil**. In: VIEIRA, P. F.; WEBBER, J. *Gestão de recursos naturais renováveis e desenvolvimento*. São Paulo: Cortez, 1997.

SANTANA, M. J. A.; SAMPAIO, T. S.; CARNEIRO, A. P. **Uso do agregado reciclado em argamassas de revestimento**. 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.8, p.262-299.

SCHULZ, RR. e HENDRICKS. CF. *Report 6 recycling of demolished concrete and masonry*. London, 1992

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Governo do Estado Instituiu Selo Verde para Produtos que respeitem a Natureza**. <http://www.ambiente.sp.gov.br/aceso> em 13 de maio de 2010.

SERVIÇO DE LIMPEZA URBANA DA PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE – SLU/PMBH. Responsável Eng. Iacomini, Belo Horizonte, fev. 2004. Informação verbal.

SHNEIDER, D. M. **Deposições irregulares de resíduos da construção civil na cidade de São Paulo**. USP, 2004.

SILVA, F. B. **Conceitos e diretrizes para Gestão da Logística no processo de produção de edifícios**. EPUSP, 2000.

SILVA, F. B. e CARDOSO, F. F. **Ferramentas e diretrizes para a Gestão logística no Processo da Produção de edifícios**. Boletim técnico BT/PCC/EPUSP, 2000.

SILVA, E. A. **Uso de escoria de aciaria em pavimentação viária**. In: *Workshop Ecoeficiência na Indústria Siderúrgica*. Belo Horizonte: IBS, ABM, 1999.

SILVEIRA, GTR. **Metodologia de caracterização dos resíduos sólidos como base para uma gestão ambiental.** Estudo de caso: Entulhos de construção em Campinas, 1993.

SJOSTROM, E. *Service life of the building.* In: *Application of the performance concept in building.* CIB: Tel Aviv, 1996.

SOILBELMAN, L. **As Perdas de Materiais na Construção de Edificações: Sua Incidência e seu Controle.** Porto Alegre, 1993 – Dissertação de Mestrado - EEUFRRS

SOUZA, VEL. et al. **Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obra: A Quebra do Mito.** In: Simpósio Nacional – Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obras. São Paulo: Anais, PCC/EPUSP, 1999.

STEVEN, M. *Networks in reverse logistics.* In: Dyckhoff, H; LACKES, R. ; REESEI. *Supply Chain management and reverse logistics.* Berlim. Nova York, Springer, 2004.

STOCK J. R. **Development and implementation of reverse logistics programs.** Oak Brooks. Illions: Council of logistics management, 1998.

STOCK, James R. *Reverse logistic programs council of logistics.* CEMPRE: Ambiente Brasil, 1998.

STOCK, James R. *Reverse logistic programs. Illinois: council of logistics Management,* 1998.

SWINK, ML. *Tutorial on implementing concurrent engineering in new product development.* J. Operations Management, 1998.

TRANKLER, J. *Improved product quality for recycling of building rubble by means of wet or dry treatment? Aufberitungs. Technik,* 1993.

TURNER, R. K.; PEARCE, D.; NATEMAN, I. *Environment economics: an elementary introduction.* Baltimore: John Hopkins University Press, 1993.

YAMAMOTO, JK et. al. *Environment impact reduction on the production of blended Portland cement in Brazil.* Environmental Geosciences: 1997.

ZEGARRA, S. L. **Diretrizes para elaboração de um modelo de gestão dos Fluxos de informação como suporte à logística em empresas construtoras de edifícios.** EPUSP, 2000.

ZORDAN, Sergio Eduardo. **Geração de Resíduos de Construção e Demolição.** FEC – UNICAMP, 1997.

ZORDAN, SE. **Atualização de entulho como agregado, na confecção de concreto.** Campinas – Departamento de hidráulica e saneamento. Universidade Estadual de Campinas, 1997.

ZWAN J. T. *Application of waste materials – A success now, a success in the future.*
In: Waste materials in constructions: Putting theory into Practice. Great Britain: 1997.

ANEXO:**1. DEFINIÇÕES**

- a) **Aterro de Resíduos de Construção Civil e de Resíduos Inertes:** área onde são empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil classe A, conforme resolução CONAMA nº 307 de 15/07/2002, e resíduos inertes no solo visando estocagem de materiais e/ou futura utilização da área, conforme princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente.
- b) **Beneficiamento:** Consiste na operação que permite a requalificação dos resíduos da construção civil, por meio de sua reutilização, reciclagem, valorização energética e tratamento para outras aplicações.
- c) **Cedente de área para recebimento de Inertes:** Pessoa física ou jurídica de direito privado que autoriza a utilização de área de sua propriedade devidamente licenciada pela autoridade ambiental competente, para recebimento de material proveniente de escavação do solo e resíduos sólidos classe A.
- d) **Geradores:** Pessoas físicas ou jurídicas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que geram os resíduos da construção civil, segundo classificação estabelecida pela resolução CONAMA nº 307/2002.
- e) **Poder público:** O executivo municipal por meio de seus órgãos competentes.
- f) **Prestador de Serviço:** Pessoa física ou jurídica de direito privado, diretamente licenciada contratada pelo gerador de resíduos da construção civil para execução de qualquer etapa do processo de gerenciamento desses resíduos.
- g) **Reciclagem:** Processo de transformação de resíduos da construção civil que envolve a alteração das propriedades físicas e físico-químicas dos mesmos, tornando-os insumos destinados a processos produtivos.
- h) **Redução:** Ato de diminuir de quantidade, em volume ou peso, tanto quanto possível, de resíduos oriundos das atividades da construção civil.
- i) **Resíduos da Construção Civil (RCC):** São os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da

preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telha, pavimento asfálticos, vidros, tubulações, fiação elétrica e outros, comumente chamadas de entulho de obras, calça ou metralha,

- j) Resíduos sólidos:** Materiais resultantes de processo de produção, transformação, utilização ou consumo, oriundo de atividades humanas, de animais, ou resultantes de fenômenos naturais, cuja destinação deverá ser ambientalmente adequada.
- k) Reutilização:** Aproveitamento dos resíduos da construção civil sem transformação física ou físico-química, assegurando, quando necessário, o tratamento destinado ao cumprimento dos padrões de saúde pública e meio ambiente.
- l) Segregação:** Consiste na triagem dos resíduos da construção civil no local de origem ou em áreas licenciadas para esta atividade, segundo a classificação exigida por normas regulamentadoras.