



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo
Pós-Graduação em Edificações

RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL
ANÁLISE DE USINAS DE RECICLAGEM

Nelma Almeida Cunha

Campinas
2007



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo
Pós-Graduação em Edificações

RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL
ANÁLISE DE USINAS DE RECICLAGEM

Nelma Almeida Cunha

Orientador: Tarcísio de Paula Pinto

Dissertação apresentada à Comissão de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Edificações.

Campinas
2007

UNIDADE 10C

Nº CHAMADA: _____

T/UNICAMP 29142

V. _____ EX. _____

TOMBO BCCL 80796

PROC 16-148-09

C _____ D X

PREÇO 11,00

DATA 25-03-09

BIB-ID _____

Cod. lit. 437236

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

C914r	Cunha, Nelma Almeida Resíduos da construção civil análise de usinas de reciclagem / Nelma Almeida Cunha.--Campinas, SP: [s.n.], 2007. Orientador: Tarcísio de Paula Pinto. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. 1. Desenvolvimento sustentável. 2. Construção civil. 3. Materiais de construção. 4. Resíduos. 5. Ética ambiental. I. Pinto, Tarcísio de Paula. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.
-------	---

Titulo em Inglês: Residues generated by the constructive activities recycling plants

Palavras-chave em Inglês: Development for sustentability, Civil engineering, Residues, Construction materials, Environmental ethics

Área de concentração: Edificações

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Ariovaldo Denis Granja, Lucila Chebel Labaki e Angelo José Consoni

Data da defesa: 23/03/2007

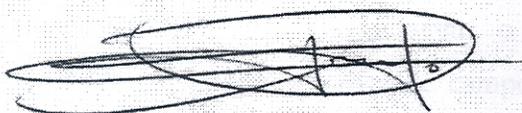
Programa de Pós-Graduação: Engenharia Civil

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO

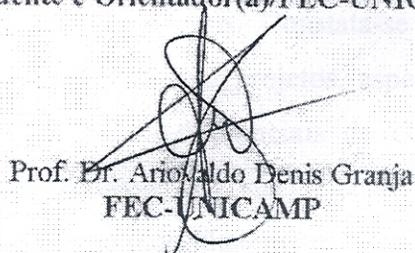
RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL
ANÁLISE DE USINAS DE RECICLAGEM


Nelma Almeida Cunha

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:

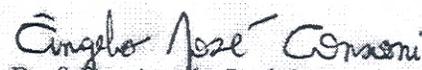


Prof. Dr. Tarcísio de Paula Pinto
Presidente e Orientador(a)/FEC-UNICAMP



Prof. Dr. Ariovaldo Denis Granja
FEC-UNICAMP


Prof. Dr. Lucila C. Labaki
FEC-UNICAMP


Prof. Dr. Angelo José Consoni
IPT

Campinas, 23 de março de 2007

RESUMO

Este trabalho é uma abordagem do desenvolvimento sustentável no setor da construção civil, enfocando os resíduos gerados pelas atividades construtivas e o papel das usinas de reciclagem nesse contexto. Apresenta, ainda, conceitos referentes à sustentabilidade, à inovação cultural, aos impactos gerados e à reciclagem como alternativa técnica, econômica e ambientalmente viável. Desse modo, faz referência aos vários aspectos da legislação e do mercado, aos resíduos, considerando-se suas fontes geradoras, sua composição e sua minimização, baseada na redução quantitativa e em mudanças tecnológicas. É abordada, também, a reciclagem no canteiro de obra como alternativa para a minimização dos resíduos e apresenta-se um breve histórico das usinas no Brasil, os equipamentos utilizados na reciclagem, o processo de produção e o material produzido. Dessa forma, foi realizada pesquisa de campo em cinco usinas de reciclagem no estado de São Paulo, observando-se a chegada dos resíduos, a linha de produção, os produtos reciclados e sua utilização em obras civis. Constata-se que as usinas pesquisadas possuem características próprias em função de seus projetos, aspectos administrativos, infra-estrutura e equipamentos operacionais. Entre os diferenciais de cada usina destacam-se: o *layout*, os equipamentos utilizados na reciclagem e sua relação com os agentes sociais envolvidos. Analisam-se os dados de cada usina individualmente e os resultados, apresentados por categorias, sintetizam as características individuais e os aspectos essenciais de cada empreendimento. O trabalho finaliza com as considerações dos aspectos mais importantes para o sucesso das usinas pesquisadas, as quais serviram de embasamento para projetar o modelo de usina otimizada que poderá provocar o interesse na reutilização desses resíduos e incentivar caminhos para novos materiais de construção.

PALAVRAS CHAVES: Desenvolvimento sustentável; Construção civil; Usinas de reciclagem; Materiais de construção; Reutilização de resíduos; Ética ambiental.

ABSTRACT

This work is an approach to the development for sustainability in the sector of the Civil Construction, focusing the residues generated by the constructive activities and its use in the recycled aggregates production. As the production process in the construction industry is based on a linear model is unviable, it degrades the middle-atmosphere and they contribute to the exhaustion of the natural resources. The recycling of the waste of the constructive activities for the Plants of Recycling constitutes an environmental alternative consolidated by several countries. With the implantation of recycling plants it becomes possible the minimization of the residues, transformed in raw material and beneficiaries for the production of recycled aggregates. Investigations were accomplished at located Plants of Recycling in the State of São Paulo through field research, observing the arrival of the residues in the plants, the production line, the generation of the recycled aggregates and its use in civil works; it was verified that the researched plants process own characteristics in function of their administrative aspects, of its infrastructure and of the operational equipments. Among the differential of the plants they stand out the plants, the equipments used in the recycling, the cooperative participation, the users of the recycled wastes and innovations in the administration of the development for sustainability in the Civil Construction. Datas were analysed individually for each recycling plant and results were presented by categories , as well as, the individual characteristics and the seential aspects for each undertaking. Final considerations show the most important aspects for the success of the analysed plants that can give an orientation to up-to-date plants projects and to increase interests in the reuse of the residues and to start challenges to new construction materials

KEY WORDS: Development for sustentability; Civil engineering ; Recycling plants; Residues.

*Aos meus pais Mário da Cunha e Níbia Almeida Cunha,
irmãos Norma e Múrcio (in memoriam)
e companheiro Pedro de Souza Francisco*

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos vão para todas as pessoas que diretamente e indiretamente contribuíram e participaram no desenvolvimento deste trabalho. Meus *Mestres*; meus irmãos espirituais; meus professores; meus amigos engenheiros; meus amigos *amigos*; meus colegas e a secretaria da pós-graduação.

Aos administradores, técnicos, funcionários e consumidores das usinas pesquisadas; aqui deixo meu muito obrigada.

Mas, não poderia deixar de citar alguns nomes: Adriana E. Alvin Barreto, Ângelo J. Consoni, Ariovaldo D. Granja, Paulo Prestes Castilho, Vladimir A. Paulon e Wanda M. R. Gunther.

Nesta caminhada aprendi muito com cada um de vocês e neste momento com muita alegria gostaria de citar Carlos Castañeda que com muita propriedade diz *qualquer caminho é apenas um caminho, e não é insulto abandoná-lo quando assim ordena o seu coração, olhe cada caminho com cuidado e atenção e tente-o, tantas vezes quantas julgar necessárias e faça a si mesmo uma pergunta: possui esse caminho um coração? Se sua resposta for sim o caminho é bom. Se sua resposta for não, esse caminho não possui a menor importância em sua vida.*

E um agradecimento muito especial a Lucila C. Labaki e Tarcísio de Paula Pinto.

Que o *Universo* abençoe a todos.

Namastê!

SUMÁRIO

RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	xvi
LISTA DE TABELAS.....	xix
1 Introdução	1
<hr/>	
1.1 Objetivo.....	2
1.2 Justificativa.....	2
1.3 Delineamento do Trabalho.....	3
1.4 Estrutura do Trabalho.....	3
2 Desenvolvimento Sustentável	5
<hr/>	
2.1 Inovação Cultural na Construção Civil.....	7
2.2 Impactos Gerados pelo Setor de Construção Civil.....	8
2.3 Reciclagem na Construção Civil.....	10
3 Aspectos da Legislação e do Mercado para Reciclados	11
<hr/>	
3.1 Legislação sobre os Resíduos da Construção e Demolição.....	12
3.2 Ações da Iniciativa Privada na Gestão dos Resíduos da Construção Civil.....	16
3.3 Mercado para Agregados Reciclados.....	18

4	Resíduos e Reciclagem	21
4.1	Composição dos Resíduos.....	21
4.2	Minimização dos Resíduos da Construção.....	23
4.3	Reciclagem na Construção Civil.....	24
4.4	Reciclagem no Canteiro de Obras.....	27
4.5	Reciclagem nas Usinas.....	29
5	Usinas e Produção de Agregados	31
5.1	Marco Histórico das Usinas.....	31
5.2	Equipamentos Utilizados.....	33
5.3	Agregados Reciclados.....	35
5.4	Usinas de Reciclagem e o Meio Ambiente.....	37
6	Materiais e Métodos	39
6.1	Classificação da Pesquisa	39
6.2	Delineamento da Pesquisa	39
6.3	Amostragem	40
6.4	Coleta de Dados	40
6.4.1	Roteiro de Entrevista nas Usinas de Reciclagem	41
6.4.2	Observação <i>in loco</i>	42
6.4.3	Pesquisa de Campo	42
6.5	Tratamento de Dados	44
6.6	Apresentação dos Resultados	45
7	Usinas: Resultados	47
7.1	Usina de Reciclagem: <u>A</u>	47
7.2	Usina de Reciclagem: <u>B</u>	65

7.3	Usina de Reciclagem: <u>C</u>	77
7.4	Usina de Reciclagem: <u>D</u>	95
7.5	Usina de Reciclagem: <u>E</u>	111
8	Análise dos Resultados	127
<hr/>		
8.1	Categoria - Instalações das Usinas	128
8.1.1	Localização Geográfica	128
8.1.2	Layout	128
8.1.3	Processo de Implantação	129
8.2	Categoria – Relação com a Municipalidade	130
8.3	Categoria - Origem matéria-prima	132
8.4	Categoria - Processo de Reciclagem	133
8.4.1	Etapas de Produção	134
8.4.2	Equipamentos	136
8.5	Categoria – Produtos Gerados	140
8.6	Categoria - Atores Sociais Envolvidos	142
8.6.1	Agentes Diretos	143
8.6.2	Agentes Indiretos	144
9	Considerações Finais: Aspectos Importantes para o Sucesso das Usinas de Reciclagem	147
<hr/>		
	REFERÊNCIAS	153
	APÊNDICE A	157
	APÊNDICE B	161
	ANEXO	163

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1	Resíduos (ineficiência do processo produtivo)	24
Figura 7.1	Layout da usina <i>A</i>	50
Figura FA1	Caminhão poliguindaste descarregando RCD.	52
Figura FA2	Matéria prima : resíduo composto de concreto, vegetação e terra.	52
Figura FA3	Vista frontal do alimentador do britador apoiado em estrutura metálica.	52
Figura FA4	Equipamentos : britador, separador magnético e transportador.	52
Figura FA5	Vista lateral do alimentador, britador e transportador de correia.	52
Figura FA6	Eletroimã posicionado acima da correia transportadora.	52
Figura FA7	Saída do material britado.	53
Figura FA8	Guia em concreto para locomoção do transportador de correia.	53
Figura FA9	Peneira apoiada em alvenaria.	53
Figura FA10	Classificação dos agregados e baias.	53
Figura FA11	Produção : “bica corrida”.	53
Figura FA12	Agregados reciclados produzidos pela usina.	53
Figura FA13	Consumidor : agregado reciclado utilizado em autoconstrução.	54
Figura FA14	Aplicação : uso do reciclado na execução do contrapiso.	54
Figura FA15	Aplicação : uso agregado reciclado em área externa.	54
Figura FA16	Pátio externo de uma floricultura.	54
Figura 7.2	Layout da usina de <i>B</i>	65
Figura FB1	Entorno da usina de reciclagem	75
Figura FB2	Usina instalada em uma antiga pedreira.	75
Figura FB3	Vista lateral do alimentador do britador	75
Figura FB4	Equipamento: alimentador do britador.	75
Figura FB5	Equipamentos: britador e transportadores de correia	76
Figura FB6	Equipamento desmontado : transportador de correia.	76
Figura FB7	Detalhe do Transportador	76
Figura FB8	Pátio de estoque do material reciclado.	76
Figura 7.3	Layout da usina <i>C</i>	77

Figura FC1	Portaria da usina.	90
Figura FC2	Caminhões descarregando. Pá-carregadeira : triagem da matéria-prima.	90
Figura FC3	Descarga do RCD.	91
Figura FC4	Matéria-prima : composição predominante de terra e material vermelho.	91
Figura FC5	Matéria-prima : composição predominante de concreto.	91
Figura FC6	Operário armazenando o material triado e segregado.	91
Figura FC7	Material retirado da matéria-prima durante a etapa de triagem.	91
Figura FC8	Pá-carregadeira depositando a matéria-prima no alimentador.	91
Figura FC9	Detalhe da câmara de britagem e britador de mandíbula.	92
Figura FC10	Conjunto de equipamentos : alimentador, câmara de britagem e britador.	92
Figura FC11	Transportadores de correia apoiado em estrutura metálica.	92
Figura FC12	Vista superior do transportador de correia.	92
Figura FC13	Conjunto : transportador e peneira.	92
Figura FC14	Peneira cilíndrica e respectivas baias.	92
Figura FC15	Vista posterior da peneira.	93
FiguraFC16	Classificação granulométrica do material reciclado.	93
Figura FC17	Produto : Areia reciclada.	93
Figura FC18	Agregados reciclados de diferentes granulometrias.	93
Figura FC19	Aplicação: Piso de um galpão executado com agregados reciclados.	93
Figura FC20	Aplicação : Uso de agregados no pátio externo de um galpão.	93
Figura FC21	Aplicação : Lastro para assentamento da infra-estrutura.	94
Figura FC22	Aplicação : Detalhe do lastro em agregado reciclado.	94
Figura 7.4	Layout da usina <i>D</i>	98
Figura FD1	Pátios de descarga da sina de reciclagem.	108
Figura FD2	Alimentador vibratório : matéria-prima umidificada	108
Figura FD3	Alimentador vibratório:	109
Figura FD4	Conjunto equipamentos: britador e transportador.	109
Figura FD5	Vista lateral do conjunto de equipamentos.	109
Figura FD6	Transportador: mudança de direção. Separador magnético.	109
Figura FD7	Transportador fixo : produção de material originado do escalpe.	109
Figura FD8	Peneiras, transportadores fixos e empilhamento dos agregados.	109
Figura FD9	Transportadores : móvel e fixo.	110

FiguraFD10	Produto : agregados reciclados	110
Figura 7.5	Layout da usina <i>E</i>	115
Figura FE1	Portaria : acesso de veículos.	123
Figura FE2	Entorno : população de baixa renda.	123
Figura FE3	Operação de descarga.	123
Figura FE4	Rampa de acesso ao alimentador.	123
Figura FE5	Equipamentos : alimentador, britador, transportador e peneira.	124
Figura FE6	Equipamento : vista superior. Separador magnético.	124
Figura FE7	Alimentador conduzindo matéria-prima à câmara de britagem.	124
Figura FE8	Britador e peneira.	124
Figura FE9	Equipamentos : vista lateral. Guia em concreto.	124
Figura FE10	Produção de agregado reciclado.	124
Figura FE11	Estocagem : agregados reciclados.	125
Figura FE12	Aplicação : fabricação de blocos de concreto.	125
Figura FE13	Fábrica de blocos de concreto.	125
Figura FE14	Protótipo : unidade habitacional tipologia CDHU.	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Tipos de resíduos sólidos urbanos gerados no município de São Paulo.....	8
Tabela 2.2	Estimativa de geração de resíduos da construção civil.....	9
Tabela 3.1	Fluxo de resíduos.....	17
Tabela 3.2	Consumo nacional de pedra britada.....	18
Tabela 4.1	Componentes dos resíduos e fontes geradoras.....	22
Tabela 4.2	Composição dos resíduos coletados em canteiro de obra convencionais em São Carlos e Santo André.....	22
Tabela 4.3	Geração de RCD em alguns municípios.....	23
Tabela 4.4	Proposta de organização em baias para valorização de resíduos no canteiro de obra.....	28
Tabela 4.5	Características dos equipamentos para reciclagem em canteiros de obras.....	29
Tabela 5.1	Equipamentos de britagem utilizados na reciclagem.....	34
Tabela 5.2	Propriedades físicas dos agregados reciclados.....	36
Tabela 8.1	Instalações das usinas.....	129
Tabela 8.2	Instalações das usinas: relatos.....	130
Tabela 8.3	Ações municipais com repercussão nas usinas.....	131
Tabela 8.4	Recebimento dos RCD.....	133
Tabela 8.5	Etapas de processamento.....	135
Tabela 8.6	Equipamentos.....	138
Tabela 8.7	Reciclados produzidos nas usinas.....	141
Tabela 8.8	Aplicação dos reciclados produzidos nas usinas.....	142
Tabela 8.9	Atores sociais e mão-de-obra.....	143
Tabela 8.10	Atores sociais consumidores.....	145

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é, entre os diversos setores da economia, o responsável pelo consumo do maior volume de recursos naturais e, também, um grande gerador de resíduos sólidos urbanos.

Existem recursos que, uma vez esgotados, não poderão ser recuperados, pois são gerados por fenômenos da natureza que o homem não consegue reproduzir, como os minerais de rochas usados na construção civil. Sua exploração indiscriminada está levando ao esgotamento das reservas naturais; chegou-se a limites definidos de natureza econômica, técnico-científica, político-cultural, existencial-ambiental e ecológica. Esses limites têm uma dimensão planetária e devem estabelecer o crescimento de consumo em função da capacidade que o planeta tem de renovar os seus recursos naturais de forma sustentável.

Para se ter uma idéia dessa dimensão, a metade da produção das pedreiras é empregada na fabricação de concreto; um exemplo disso é a região metropolitana do estado de São Paulo, onde são consumidos 2,4 milhões de toneladas por mês de pedra britada (ANEPAC, 2003). Na acelerada urbanização, seja construindo ou reconstruindo, as atividades geram, no Brasil, 65 milhões de toneladas por ano de material com potencial de reciclagem. Na região metropolitana de São Paulo, os números estão em torno de 8,5 milhões de toneladas por ano de resíduos de construção e demolição (ANGULO *et al.*, 2002). Esses números mostram a necessidade de uma reformulação técnica e administrativa no setor, da adoção de parâmetros de qualidade na construção, da necessidade de reintroduzir os materiais no ciclo produtivo, da busca de uma conscientização cada vez maior do setor para que utilize materiais que colaborem com o meio ambiente.

A sociedade deve priorizar o aperfeiçoamento da construção civil, pois qualquer atividade humana necessita de um ambiente construído adequado às necessidades operacionais. A adoção de uma política que incentive o reaproveitamento dos bens minerais descartáveis diminuirá o impacto ambiental pela reutilização desses bens, reduzindo-o por meio da reutilização e reciclagem dos resíduos das atividades construtivas.

O setor da construção começa a se sensibilizar com as questões ambientais, surgindo ações que vão em direção de uma construção sustentável, preservadora do meio ambiente por meio da utilização de materiais reciclados. Ainda não se encontram esses materiais no mercado em larga escala no Brasil, mas observa-se um movimento nessa direção. Constata-se isso pelo

crescente interesse nas usinas de reciclagem, que têm seu número de instalações em expansão pelo Brasil. Observa-se a instalação de novas usinas, tanto públicas como privadas, e disso decorre a necessidade de otimizar as instalações processadoras desses resíduos. Dentro desse contexto, este trabalho de pesquisa tem como objetivo geral analisar, particularmente, a destinação de resíduos de construção e demolição (RCD), observando a sua chegada às usinas, passando pelo processo de reciclagem e pela produção do reciclado, bem como o seu uso pelo consumidor final, avaliando, por fim, os aspectos considerados essenciais para o sucesso dos empreendimentos analisados.

1.1 Objetivo

O objetivo específico está constituído pelos seguintes itens:

1. Montar um quadro descritivo com as características individuais de cada usina pesquisada.
2. Identificar o diferencial de cada usina estudada quanto ao porte, localização, administração, observando a participação da sociedade na produção e no consumo desse material.
3. Analisar comparativamente as usinas, para o reconhecimento dos aspectos definidores do sucesso das instalações, elaborando um modelo de *usina otimizada*.
4. Analisar comparativamente as usinas, elaborando um modelo de *usina otimizada*, reconhecendo os aspectos definidores do sucesso das instalações.

1.2 Justificativa

A preocupação com as questões ambientais e as previsões de esgotamento de recursos naturais, matéria-prima da indústria da construção civil, apontadas diariamente pelos veículos de comunicação, provoca reflexões e questionamentos em toda a cadeia produtiva. O setor é sensibilizado e mobilizado a repensar todos os seus processos e meios de produção, surgindo, assim, várias iniciativas em direção a uma construção sustentável, que possibilite a sobrevivência das gerações futuras.

Diversas pesquisas têm sido desenvolvidas tanto em nível nacional como mundial para inverter o processo de degradação ambiental; além disso, vêm ocorrendo iniciativas governamentais e privadas. Embora pouco expressivas em relação ao tamanho do nosso país, as iniciativas de reciclagem da construção civil têm sido relevantes. As usinas de reciclagem têm um grande potencial e mercado para se desenvolverem, pois, conforme estudos feitos por vários pesquisadores, existe viabilidade para esse empreendimento.

Este trabalho de investigação nas usinas tem a intenção de contribuir e incentivar os profissionais e pesquisadores do setor a se interessarem pela criação de novas usinas e pela difusão de suas vantagens e é sustentado pela regulamentação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), estabelecendo a responsabilidade penal dos geradores e outros intervenientes no processo de gestão dos resíduos das atividades de construção civil.

1.3 Delineamento do trabalho

A pesquisa enfocou a investigação nas usinas de reciclagem, observando todo o processo de produção. Para isso, foram delimitados, por meio da elaboração de um roteiro, os aspectos a serem estudados, como localização da usina, a área ocupada e sua organização espacial; conseqüências para a comunidade local; a contribuição do município para a implantação e operação das usinas; a operação das usinas, equipamentos envolvidos, o processo de produção do material reciclado; e a identificação dos fornecedores da matéria-prima para a produção dos reciclados e dos usuários do material reciclado.

1.4 Estrutura do trabalho

Este trabalho foi estruturado em três partes: a primeira faz uma contextualização sobre as questões ambientais; a segunda apresenta os resíduos da construção civil e sua utilização na reciclagem, envolvendo aspectos legais e de mercado, composição dos resíduos, equipamentos de reciclagem, reciclagem no canteiro de obra e usinas de reciclagem; a terceira trata da análise de investigação nas usinas de reciclagem pesquisadas. Essas partes foram distribuídas nos capítulos comentados a seguir.

O capítulo 1 apresenta, como aqui comentado, a introdução do trabalho, os objetivos gerais e específicos, justificativa, delineamento e estrutura.

O capítulo 2 refere-se à questão da sustentabilidade no setor de construção civil, com seus processos de produção interferindo no meio ambiente e ameaçando os recursos naturais. Aponta-se a reciclagem como alternativa viável para um desenvolvimento sustentável.

O capítulo 3 trata dos aspectos econômicos e legais dos resíduos e mostra quanto as ações governamentais e privadas são fundamentais para incrementar o mercado de reciclagem.

A reutilização dos resíduos das atividades construtivas, por meio da reciclagem, é o tema apresentado no capítulo 4, que trata da composição dos resíduos e da sua reciclagem no canteiro de obra como alternativa de minimização.

O capítulo 5 apresenta um breve histórico das usinas de reciclagem e a importância da escolha dos equipamentos utilizados nas usinas e define os agregados reciclados, que são os produtos finais do processo de reciclagem.

No capítulo 6, é realizada uma abordagem teórica sobre a metodologia utilizada nesta pesquisa e apresentado o método de pesquisa, como os instrumentos utilizados para coleta de dados e seu desenvolvimento.

O capítulo 7 apresenta a investigação nas usinas de reciclagem. Foram realizadas visitas técnicas em cinco usinas no estado de São Paulo e a partir dos dados coletados, por meio de entrevista, foram construídos tópicos a respeito de cada usina.

A análise geral das usinas, empreendida no capítulo 8, foi baseada nos tópicos de cada uma delas, possibilitando a análise do conteúdo e a descrição de suas características.

O trabalho é encerrado com as considerações finais, apresentadas no capítulo 9, mostrando aspectos importantes para o sucesso de usinas de reciclagem segundo as categorias estabelecidas e propondo um modelo de usina otimizada.

2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Em meados do século XX, surgiram as primeiras preocupações acerca da degradação do planeta, o que gerou estudos diversificados sobre o tema e culminou no Relatório do Clube de Roma de 1972, publicação intitulada *The Limits to Growth* (“Limites de crescimento”). O resultado da publicação foi o diagnóstico dos recursos terrestres e a constatação da degradação ambiental como o resultado do descontrolado crescimento populacional e da exploração dos recursos naturais de forma inadvertida. O relatório também fez um alerta da necessidade de uma estabilidade populacional, econômica e ecológica em decorrência da extinção dos limitados recursos naturais e da população humana.

Em 1983, a Organização das Nações Unidas (ONU) criou a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, então chamada Comissão Brundtland, presidida pela primeira-ministra da Noruega, Grö Harlen Brundtland. Os trabalhos realizados por essa comissão resultaram no Relatório Brundtland, de 1987, um panorama dos problemas ambientais globais seguido de uma proposta para a integração do desenvolvimento econômico com as questões ambientais. Desse documento surgiu a expressão “desenvolvimento sustentável” cuja melhor definição seria a de que “(...) procura atender as aspirações do presente sem comprometer a possibilidade de atendê-los no futuro” (BRUNTLAND, 1987). Depreende-se, então, que o desenvolvimento sustentável representa o equilíbrio entre a tecnologia e o ambiente, levando-se em consideração os grupos sociais de todos os continentes, de forma a promover a equidade e a justiça social (CAVALCANTI, 1995).

Por meio de Conferências de Cúpula da ONU, a Comunidade Internacional passou a desenvolver esforços para alterar a degradação ambiental atual e as conseqüências sociais. Em 1992, governos e instituições da sociedade civil de 179 países realizaram a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), que ficou amplamente conhecida como Rio 92. A grande preocupação consistia em garantir a cooperação internacional como forma de acelerar o desenvolvimento sustentável dos países em desenvolvimento por meio da abordagem de temas como pobreza, padrões de consumo mundial, densidade demográfica, saúde e meio ambiente. A nova forma de desenvolvimento foi amplamente difundida nessa conferência, gerando documentos como a Agenda 21 e os quatro acordos: Declaração do Rio,

Declaração dos princípios sobre as florestas, Conservação sobre a diversidade biológica e Convenção sobre mudanças climáticas (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2003).

A Agenda 21 orienta para um novo padrão de desenvolvimento no século atual e traduz em ações o conceito de sustentabilidade, apoiando-se no modelo de civilização em que predominam o equilíbrio ambiental e a justiça social entre as nações e oferece oportunidades à sociedade e aos governos na definição de prioridades na gestão de políticas públicas. O documento também considera estratégias ligadas à geração de emprego e renda, diminuição das disparidades regionais e interpessoais de renda, às mudanças nos padrões de produção e consumo, à construção de cidades sustentáveis e à adoção de novos modelos e instrumentos de gestão.

Os compromissos assumidos na Rio 92 são verdadeiros desafios para o conjunto das nações e para o nosso país; até o ano de 1999, somente as cidades de São Paulo, Porto Alegre e Angra dos Reis conseguiram editar a sua Agenda 21, número pouco expressivo ao levar-se em conta a nossa extensão territorial. Compreende-se, então, que ainda há muito a fazer para o cumprimento das metas traçadas (SATO & SANTOS, 1999).

A Seção I, capítulo 7, da Agenda 21 apresenta as “Dimensões sociais e econômicas” e propõe a promoção de atividades sustentáveis na indústria da construção. Em consequência, o conceito de sustentabilidade na construção civil é propagado de forma acelerada nos meios acadêmicos, e surgem inúmeras pesquisas relacionadas ao tema da construção sustentável, capazes de promover a integração com a sociedade por meio de eventos nacionais e internacionais. Dos eventos merecem destaque aqueles realizados em nível mundial, como os simpósios internacionais realizados pelo Comitê Técnico RILEM, apoiado por entidades como American Concrete Institute (ACI), Internacional Solid Waste Association (ISWA) e Conseil International du Bâtiment (CIB); Conferências Internacionais Sustainable Building (SB), promovidas pelo CIB; seminários nacionais organizados pelo Instituto Brasileiro de Concreto (IBRACON); encontros nacionais promovidos pela ANTAC; Projeto Entulho Bom (2001), premiado pela ONU – 100 Melhores Práticas para a Melhoria da Qualidade de Vida; Comitê de Meio Ambiente, Segurança e Produtividade (COMASP), desenvolvido pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil (SINDUSCON); e seminário Gestão Sustentável do Entulho na cidade de São Paulo (2003), organizado pela prefeitura municipal.

2.1 Inovação Cultural na Construção Civil

A construção sustentável têm como princípios a sustentabilidade econômica, ambiental e social, o aumento do lucro e o crescimento por uma máxima eficiência de recursos que envolvam mão-de-obra, materiais, água e energia, evitando efeitos irreversíveis ao meio ambiente e primando pelo uso cuidadoso de recursos naturais. Preocupa-se também em responder às necessidades da sociedade em qualquer estágio do processo de construção, do planejamento à demolição, buscando promover a satisfação do cliente e a do usuário, trabalhando com clientes, fornecedores, funcionários e comunidade local. Enfim, há uma busca pelo equilíbrio entre a viabilidade econômica, as limitações do ambiente e as necessidades da sociedade (SILVA, 2003).

Baseada nesse princípio, a construção tem a oportunidade de transformar comportamentos e de introduzir uma nova cultura industrial, na qual os processos construtivos buscam outros modelos de produção, baseados nos princípios da otimização dos recursos empregados e com a preocupação na minimização e reutilização dos resíduos.

Segundo John (2000), para se atingir o desenvolvimento sustentável haverá a necessidade de coordenar ações tanto em nível macro (global, regional e empresarial) como em nível micro (empresas e consumidores individuais). Para poder alcançar esses níveis, ele propõe mudanças tecnológicas e na relação entre nações e cultura, uma vez que a mudança nos padrões de consumo acarretará a necessidade de ampla participação social. John se refere ao modelo linear de produção, que deverá ser substituído por outro, mais eficiente e que prime pela busca do aproveitamento máximo dos recursos investidos. Esse seria o modelo definido como de “ciclo fechado”, por meio do qual a utilização de todos os recursos empregados é otimizada e a geração de resíduos, reduzida a um mínimo reciclável, o que implica mudanças tecnológicas e nos padrões de consumo.

Dentro do modelo acima descrito, existe a possibilidade de desenvolver ferramentas para análise sistêmica dos processos e seu conseqüente impacto no meio ambiente. Entre essas ferramentas de ação, destaca-se a Análise do Ciclo de Vida (LCA – *Life Cycle Analysis*), mundialmente reconhecida, que analisa a interação de um sistema com o ambiente durante seu ciclo de vida e parte da premissa de que todos os estágios de vida de um produto geram impactos ambientais. O instrumento analisa também os fluxos de energia e de materiais, identificando e quantificando o consumo de recursos naturais e emissões no meio ambiente durante o seu ciclo de vida. A técnica tem eficácia comprovada na avaliação de materiais de construção com busca

na melhoria do processo do produto, rotulagem ambiental e certificação ambiental de edifícios (SILVA, 2003).

2.2 Impactos Gerados pelo Setor de Construção Civil

Desde o início da década de 1990, o setor da construção civil empenha-se em desenvolver mecanismos para minimizar os impactos ambientais, por meio de posturas proativas, com estudos mais sistemáticos e resultados mensuráveis, como reciclagem de resíduos e redução de perdas de energia (OLIVEIRA, 2002).

A indústria da construção civil, em seu processo produtivo, gera perdas estimadas em 150 quilos de resíduos por metro quadrado (AGOPYAN, 2000). O impacto em áreas urbanas é bastante significativo, provocando deterioração no meio ambiente, originando deposições irregulares, bota-foras ou aterros inertes, que se esgotam rapidamente.

A fim de traçar um paralelo com os resíduos gerados na construção civil, segue abaixo uma tabela ilustrativa do volume de resíduos sólidos urbanos gerados em um município de grande porte.

Tabela 2.1 - Tipos de resíduos sólidos urbanos gerados em alguns municípios do Estado de São Paulo (PINTO, 1999).

Município (1996)	Resíduos sólidos domiciliares (t/dia)	Entulho (RCD) (t/dia)
Campinas	700	1800
Jundiaí	314	712
São José do Rio Preto	302	687
Santo André	674	1013

Na tabela acima, os RCD designados como entulho equivalem a praticamente o dobro dos resíduos sólidos domiciliares coletados diariamente. Trata-se de uma quantidade expressiva, capaz de trazer grandes impactos ambientais em todas as etapas do processo produtivo, desde o processo de extração de matérias-primas até a produção de materiais durante a execução da obra, no uso da edificação e da demolição.

As quantidades típicas dos resíduos gerados nas atividades de construção, manutenção e demolição encontram-se entre 400 a 500 kg/hab. ano, quantidade muito superior à massa de resíduo domiciliares. As estimativas internacionais apontaram geração superior a 130 kg/hab. ano

(JOHN & AGOPYAN, 2000). Esses números são estimativas muitas vezes questionadas pelos pesquisadores, pois não existe uma metodologia única que possa dar validade aos dados nacionais tão diversificados. Tal diversidade pode ser apreciada na tabela abaixo:

Tabela 2.2 - Estimativa de geração de resíduos da construção civil (JOHN & AGOPYAN, 2000).

País	Quantidade anual (kg/hab)	Fonte
Suécia	130-680	TOLSTOY, BORKUND & CARLSON (1998); EU (1999).
Holanda	820-1300	LAURITZEN(1998), EU (1999); BROUWERS & VAN KESSEL (1996)
EUA	463-584	EPA (1998); PENG, GROSSKOPF, KIBERT (1994)
Reino Unido	880-1120	DETR (1998); LAURITZEN (1998)
Bélgica	735-3359	LAURITZEN (1998), EU (1999)
Dinamarca	440-2010	
Itália	600-690	
Alemanha	963-3658	
Japão	785	KASAI (1998)
Portugal	325	EU (1999)
Brasil	230-660	PINTO (1999)

A Tabela 2.2 mostra dois grupos distintos: os países que possuem uma média da quantidade anual próxima à do Japão – 785 kg/hab. – e os países cuja média anual encontra-se acima de 1 060 kg/hab., como Holanda, Reino Unido, Bélgica, Dinamarca e Alemanha.

É nesse sentido que Pinto (1999) argumenta que há um grande desconhecimento dos volumes gerados de RCD, além dos impactos causados ao meio ambiente e dos custos sociais envolvidos. O autor ressalta ainda a necessidade de criação de ações públicas e privadas para que recursos naturais não renováveis sejam usados com racionalidade, buscando a preservação do meio ambiente e a eliminação da disposição aleatória de resíduos com elevado potencial de aproveitamento. Propõe uma metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos da Construção e Demolição, a fim de minimizar e valorizar os resíduos. Essa metodologia está baseada na captação máxima dos resíduos gerados, na reciclagem dos resíduos captados e na alteração de procedimentos e culturas. Entre os objetivos gerais, estão a preservação ambiental, com a redução dos impactos por má deposição, e a redução da exploração de jazidas naturais de agregados para construção civil. Enfatiza também o incentivo às parcerias para reciclagem de RCD, substituindo a solução dos “bota-foras” emergenciais por Centrais de Reciclagem, buscando a transformação dos resíduos em nova matéria-prima a ser utilizada em obras da construção civil.

2.3 Reciclagem na Construção Civil

Os modelos atuais, baseados em tecnologia e industrialização, envolvendo países desenvolvidos e em desenvolvimento, mostram-se inviáveis, uma vez que não se sustentam em longo prazo e não solucionam as diferenças sociais.

O aperfeiçoamento da construção civil demonstra ser prioridade social, pois qualquer atividade humana requer um ambiente construído adequado às necessidades operacionais. Os recursos minerais representam a matéria-prima da produção dos materiais de construção civil, e a adoção de uma política que incentive o reaproveitamento dos insumos minerais descartados poderá diminuir significativamente o impacto ambiental pela reutilização e reciclagem dos rejeitos (OLIVEIRA, 2002).

A construção sustentável requer a prevenção e a redução dos resíduos. A opção pela sua reciclagem em agregados torna-se viável nos aspectos técnicos, econômicos e ambientais. A reciclagem pode ser encarada como uma forma de reeducar a sociedade em seus hábitos, buscando o consumo minimizado de recursos naturais e o melhor reaproveitamento dos materiais.

Atualmente, tem-se à disposição todas as condições tecnológicas eficazes para reciclagem dos resíduos das atividades construtivas, podendo-se viabilizar maior sustentabilidade a qualquer momento. Em países como Finlândia, Áustria, Suécia e Inglaterra, o desempenho é significativo, chegando a 50% de resíduo reciclado. Essa porcentagem é ainda maior se examinarmos os índices encontrados na Bélgica, Dinamarca e Holanda, que atingem 80%. Verifica-se um interesse crescente da ordem de 20% na França, Alemanha, Irlanda e Luxemburgo. Na Espanha, Grécia, Itália e Portugal, os índices são menos expressivos. A reciclagem já se encontra avançada em outros países desenvolvidos, como é o caso dos Estados Unidos, Canadá e Japão. Nota-se que a associação entre tecnologia adequada, política, legislação e fiscalização eficientes representa o diferencial naqueles países com índices elevados de material reciclado. Além disso, os resíduos das atividades construtivas encontram-se em estágios variados do desenvolvimento (FREIRE & BRITO, 2001).

A reciclagem dos resíduos é aceita mundialmente, e de forma lenta começa a ser colocada em prática no Brasil pela implantação de Usinas de Reciclagem. Pesquisadores reconhecem seu potencial e sua viabilidade técnica e econômica, aspectos que serão explorados no decorrer deste trabalho.

3 ASPECTOS DA LEGISLAÇÃO E DO MERCADO PARA RECICLADOS

Mundialmente, ainda não há uma política regional consolidada que proíba o uso indiscriminado de recursos minerais não renováveis para produção de agregados. Segundo Laguette (1995, *apud* LEVY, 1997) o desperdício de concreto, pedra e minerais nas atividades construtivas na Europa está estimado em 200 milhões de toneladas anuais, material suficiente para construir uma rodovia com seis faixas de rolamento entre Roma e Londres.

A indisponibilidade de soluções para a destinação dos resíduos e a pressão exercida pelo *lobby ecológico*, em razão da conscientização coletiva, fomentam a capacidade de reciclagem nos países desenvolvidos, incentivada pela vantagem de diminuição da quantidade de resíduos nos aterros e de extração de novas matérias-primas. Compatibilizando os interesses econômicos com os ambientais, os países devem assegurar o crescimento econômico da sociedade e preservar o meio ambiente por meio de legislação eficaz, de forma a substituir, pelas atividades recicladoras, as atividades produtoras de materiais que utilizam de forma indiscriminada os recursos naturais (FREIRE & BRITO, 2001).

Segundo Barth (1994), os fabricantes europeus de materiais de construção têm como objetivo criar produtos de boa qualidade e bons preços, independentemente se eles são produzidos de matéria-prima natural ou de resíduos de construção e demolição, e os dois competem um com outro. Há um consenso, na Europa, para que a cadeia da construção civil use o RCD na produção de reciclados, reduzindo o problema dos resíduos e assumindo sua responsabilidade no tocante à saúde do meio ambiente. A capacidade de processamento adequado e as possibilidades de aplicação dos RCD devem estar disponíveis nos diversos estágios do processo de construção se houver uma legislação clara, aplicada em todos os segmentos do mercado. Se o uso dos reciclados for criado pelas forças de mercado ou pela legislação, uma grande quantidade de novos materiais será produzida, atendendo às necessidades de custo e de soluções para os problemas ambientais.

As questões econômicas e legais relativas aos RCD no Brasil são incipientes quando comparadas aos países avançados do Norte. Já existem, porém, instrumentos legais que começam a ser incorporados à gestão pública e à privada, na forma de leis, decretos e normas técnicas, que serão apresentados a seguir.

3.1 Legislação sobre os Resíduos da Construção e Demolição

Desde 1999, representantes dos governos municipais e estaduais, incorporadores, organizações não governamentais, acadêmicos e construtores formaram um grupo de trabalho criado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em busca de soluções relativas à problemática dos resíduos das atividades construtivas. Em 5 de julho de 2002, foi aprovada uma resolução que estabelece as responsabilidades e condições de remoção de resíduos de construção: os geradores são os responsáveis pelos resíduos, podendo delegar funções por meio da contratação de empresas que assumam a remoção, o transporte e a destinação final. O município tem o dever de definir uma política de reciclagem que preserve os recursos naturais e incentive o surgimento de áreas receptoras dos resíduos. A cidade de Belo Horizonte (1995), por exemplo, criou cinturões de reciclagem em volta de bairros, substituindo antigos aterros ilegais e aplicando o produto reciclado em obras viárias (Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2005).

Entre os atuais instrumentos legais em vigor que contribuem para a implantação do planejamento de uma gestão sustentável para RCD no Brasil estão:

a) Resolução do CONAMA n. 307, de 5 de julho de 2002 (CONAMA, 2002):

Os geradores de resíduos da construção civil, conforme o CONAMA, devem ser responsáveis pelos resíduos das atividades de construção, reforma, reparos, remoção de vegetação e escavação de solos. Considera que existe viabilidade técnica e econômica na produção e no uso de materiais reciclados e que a gestão integrada de resíduos traz benefícios sociais, econômicos e ambientais, além de estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos, disciplinando e minimizando os impactos ambientais.

O CONAMA definiu datas e metas a serem cumpridas para que, gradualmente, os geradores de resíduos assumam suas responsabilidades. Até julho de 2004 os municípios deveriam apresentar as políticas legais para os resíduos e até janeiro de 2005 os geradores deveriam incluir os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção nos projetos de obras que serão submetidos à aprovação ou ao licenciamento dos órgãos competentes.

b) Resolução do CONAMA n. 348, de 16 de agosto de 2004 (CONAMA, 2004):

Essa resolução inclui o amianto na classificação de resíduos perigosos, Classe D. Considera que os resíduos oriundos dos processos construtivos, como telhas, reservatórios e outros objetos e materiais que contenham amianto, são nocivos à saúde.

c) Resolução da Secretaria do Meio Ambiente (SMA) do Estado de São Paulo n. 41, de 17 de outubro de 2002 (São Paulo, SMA, 2002):

Essa resolução dispõe sobre procedimentos para o licenciamento ambiental de aterros de resíduos inertes e resíduos da construção civil no Estado de São Paulo quanto à localização, instalação e operação no âmbito dos órgãos da Secretaria do Meio Ambiente. A disposição final em aterros deve atender às normas técnicas e exigências estabelecidas pelo Departamento de Avaliação de Impacto Ambiental (DAIA), Departamento de Uso do Solo Metropolitano (DUSM), Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais (DEPRN) e Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB).

d) Normas técnicas brasileiras

Como decorrência das diretrizes citadas anteriormente, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) constituiu, por solicitação de várias entidades setoriais, grupos de trabalho visando à elaboração de normas técnicas necessárias à adequação do manejo, beneficiamento e uso dos resíduos das atividades construtivas.

No seminário “Gestão Sustentável do Entulho na cidade de São Paulo”, realizado em junho de 2003, foram apresentados os seguintes documentos técnicos pertinentes à gestão dos resíduos da construção e demolição:

- Aterros de Resíduos da Construção Civil e de Resíduos Inertes: determina os critérios para projeto, implantação e operação dos aterros (2002); visa à reserva de materiais de forma segregada que possibilite o uso futuro.
- Apresentação de Projetos de Aterros de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Inertes: estabelece condições mínimas para apresentação de projetos de aterros de resíduos da construção civil (2002).
- Áreas de Transbordo e Triagem de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos: estabelece critérios para projeto, implantação e operação das áreas (2002).
- Camadas de Reforço do subleito, sub-base e base mista de pavimento com agregado reciclado de resíduos sólidos da construção civil: critérios que orientam a execução de pavimentos com agregados reciclados em obras de pavimentação.

Desses documentos básicos foram geradas, após meses de elaboração, as cinco normas disponíveis na ABNT e válidas a partir de 2004:

- NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR 15112. Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação: regulamenta os requisitos necessários para projeto, implantação e operação de ATTs, classificando os resíduos da construção civil em classe A, B, C e D; estabelece as condições de implantação quanto ao isolamento, identificação, equipamentos de segurança, sistemas de proteção ambiental e condições para pontos de entrega de pequenos volumes; determina as condições gerais para projeto e as condições de operação.
- NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR 15113. Resíduos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação: estabelece as condições de implantação fornecendo critérios para localização, acessos, isolamento e sinalização, iluminação e energia, comunicação, análise de resíduos, treinamento, proteção das águas subterrâneas e superficiais, as condições gerais para projeto e as condições de operação.
- NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR 15114. Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação: regulamenta as condições de implantação com os critérios para localização, isolamento e sinalização, acessos, iluminação e energia, proteção das superfícies, preparo da área de operação, as condições gerais para projeto e condições de operação.
- NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR 15115. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos: a norma trata de estabelecer critérios para a execução das camadas de pavimentação com agregados reciclados, apresentando os requisitos que os materiais e equipamentos devem obedecer para execução das camadas, assim como o seu controle tecnológico.
- NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR 15116. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos: estabelece os requisitos para o emprego do agregado reciclado destinado à obra de pavimentação viária e obra que utilize o concreto sem função estrutural.

Em relação à regulamentação da gestão e especificamente na capital do Estado de São Paulo, estão em vigor os seguintes dispositivos legais:

a) Lei nº. 13.298, de 16 de janeiro de 2002 (SÃO PAULO, 2002a):

Trata das responsabilidades e das condições de remoção dos resíduos de construção. O responsável pelo resíduo é o proprietário da obra, que pode delegar funções, por meio da contratação de empresas que responderão pelos processos de remoção, transporte e destinação final.

b) Decreto 37.958 (SÃO PAULO, 1999):

Rege o serviço de coleta e transporte e de destinação final de resíduos da construção e dita as normas que os motoristas de veículos têm de seguir para evitar acidentes em vias estreitas, movimentadas e próximas de curvas. O decreto determina prazos de permanência na rua de 5 (cinco) dias corridos, no máximo. Não poderão ficar estacionadas em pistas com largura inferior a 5,7 metros, a menos de 10 metros de uma esquina, em curva ou sob iluminação indireta, que não permita a visualização da caçamba pelo motorista a uma distância de 40 metros.

c) Lei nº. 13.478, dezembro de 2002 (SÃO PAULO, 2002c):

Disciplina a atividade de limpeza pública dispondo sobre a organização, autoridade e fiscalização do sistema de limpeza urbana do município de São Paulo. Define como uns dos princípios fundamentais a sustentabilidade ambiental, social e econômica dos serviços de limpeza urbana. Estabelece, por exemplo, que o poder público tem a responsabilidade de controlar e fiscalizar os grandes geradores de resíduos sólidos de atividades construtivas com massa superior a 50 (cinquenta) quilogramas diários.

d) Decreto 42.217, de 24 de julho de 2002, regulamenta a Lei n. 10.315 (15/04/1987) (SÃO PAULO, 2002b):

Regulamenta a presença de pontos de entrega para pequenos volumes e de áreas de transbordo e triagem (ATT). Considera que essas áreas resguardam a qualidade de vida e as condições ambientais de espaços e áreas contíguos; que há benefícios ao meio ambiente, pela utilização dos reciclados, economizando matéria-prima não renovável; que o descarte irregular de resíduos em vias e áreas públicas, corpos d'água e outros serão reduzidos com criação de pontos de entrega e ATT; que há economia de recursos municipais com a redução dos descartes irregulares. Por meio desse decreto, a prefeitura de São Paulo definiu procedimentos para a orientação dos empreendedores interessados em implantar uma ATT, atendendo, dessa forma, à determinação do CONAMA. Os procedimentos para licenciamento municipal, documentos referentes a órgãos estaduais e aspectos principais de operação das ATT estão apresentados no Anexo B, fornecido pelo LIMPURB.

3.2 Ações da Iniciativa Privada na Gestão dos Resíduos da Construção Civil

A participação do setor da indústria da construção civil tem sido relevante em todos os aspectos legais, sociais e ambientais da gestão dos resíduos, notadamente pela presença do Sindicato da Indústria de Construção Civil (SINDUSCON) do estado de São Paulo. O setor participa ativamente do movimento para uma construção sustentável pela criação de comitês específicos, grupos de trabalho para elaboração de projetos de normas e dispositivos legais, entre outras iniciativas. Como exemplo de iniciativa, criou o Comitê de Meio Ambiente, Segurança e Produtividade (COMASP), constituído no final de 1999, que estabeleceu, entre as principais diretrizes, as questões ambientais, sociais e econômicas, buscando o desenvolvimento sustentável na construção.

O COMASP interage com agentes participantes da cadeia produtiva (fabricantes e fornecedores), órgãos públicos e meio acadêmico, desenvolvendo parcerias com as universidades. Teve participação na elaboração da resolução CONAMA 307 e tem como princípio a responsabilidade social corporativa na cadeia produtiva do setor da construção civil.

Em janeiro de 2003, o COMASP constituiu um grupo-piloto, formado por construtoras para desenvolver programa de aperfeiçoamento logístico das obras, para a organização, segregação, acondicionamento e destinação correta dos resíduos. Ao oferecer apoio para as construtoras, o Comitê deseja adequar o canteiro à necessidade de segregação dos resíduos e treinamento da mão-de-obra. Por meio de um levantamento de informações, como alocação de espaços no canteiro, número de empreiteiros e total de homens em atividades, elabora uma proposta com procedimentos registrados em formulários, com novos dispositivos, acessórios e fluxos para os resíduos, além de sugerir novos fornecedores. Os materiais são separados durante as etapas de execução da obra, estocados adequadamente e, depois, transportados para uma destinação final, realizando o fluxo dos resíduos de forma correta, como indicado no Tabela 3.1 (NOTÍCIAS DA CONSTRUÇÃO, 2003; SINDUSCON, 2005).

A atuação do COMASP é verificada, por exemplo, na participação de uma das construtoras inscritas no programa. Em março de 2002, foram constatadas, por meio da consultoria recebida, as dificuldades da construtora na conscientização dos trabalhadores quanto à importância do programa, na assimilação dos processos por parte dos funcionários, na disposição incorreta dos resíduos orgânicos, na não-segregação dos materiais pelos trabalhadores, com identificação dos responsáveis pela má segregação, no uso e preservação de materiais potencialmente recicláveis. Após um ano de consultoria em uma de suas obras, os resultados

obtidos foram favoráveis e os resíduos tratados com responsabilidade foram quantificados e medidos, obtendo-se os seguintes valores:

- 43 m³ de papel;
- 16 m³ de plásticos;
- 67 m³ de madeira;
- 116 m³ de alvenaria e concreto;
- 12.670 kg de metal;
- 415 m³ de terra.

Tabela 3.1 – Fluxo de resíduos (NOTÍCIAS DA CONSTRUÇÃO, 2003; SINDUSCON, 2005).

Materiais	Separação	Estoque inicial	Movimentação	Estoque final	Destinação
Aparas de alvenaria	Na execução	Empilhamento	Elevador de obra	–	Reutilização na obra
Aparas de madeira	Na execução	Empilhamento	–	Caçamba	Reutilização na obra
Alvenaria resíduo	Na execução	Empilhamento	Condutor	Pilhas no subsolo	Reutilização em aterros
Madeira	Na execução	Bombona ou pilhas	Sacos de ráfia e/ ou elevador	Subsolo	Transbordo para olarias (foros)
Plástico	Na execução	Bombonas	Sacos de ráfia e/ ou elevador	Subsolo	Grupo de coleta seletiva
Papel	Na execução	Bombona ou fardos	Sacos de ráfia e/ ou elevador	Pilhas no subsolo	Grupo de coleta seletiva
Metal	Na execução	Bombona	Sacos de ráfia e/ ou elevador	Subsolo	Venda para sucateiro
Outros materiais	Na execução	–	Elevador	Subsolo	Depende do material

Outro exemplo significativo da participação da iniciativa privada no processo de elaboração de legislação adequada foi a entrega, em 26 de novembro de 2003, na Assembléia Legislativa do Estado de São Paulo, da proposta para reutilização e redução dos resíduos gerados na construção civil, contribuindo para a elaboração da Política Estadual de Resíduos Sólidos. O texto foi elaborado pelos técnicos da Prefeitura Municipal de São Paulo, pelo Sindicato dos Transportadores de Resíduos da Construção e pelo SINDUSCON (SINDUSCON, 2004).

3.3 Mercado para Agregados Reciclados

Ações governamentais são essenciais para incrementar o mercado de reciclagem, por meio de formulação de metas políticas, como percentagens obrigatórias de reciclagem, implementação de legislação e sistema de fiscalização apropriado; intervenção nos preços, por meio das taxas ambientais para o poluidor e subsídios para o reciclador; elaboração de normas técnicas sobre atividades produtoras e recicladoras; implementação de um sistema de controle de qualidade sobre as atividades recicladoras.

Os instrumentos legais possibilitam a abertura de mercados para os produtos reciclados, a exemplo dos países do Norte. Na década de 1990, os Estados Unidos criaram leis para regulamentar a disposição correta dos RCD. Mineradoras investiram no mercado de reciclagem, adicionando aos agregados percentagens de agregados reciclados. Segundo empresários do setor, apesar de o investimento inicial ser alto o negócio teve um retorno rápido e o *marketing* dos sistemas de reciclagem aumentou 1.000% durante a década de 1980. O resultado positivo do mercado de reciclagem nos países do Norte está diretamente relacionado às legislações, fiscalizações e Poder Judiciário eficientes (ZORDAN, 1997).

No Brasil, o consumo de agregados está relacionado à qualidade de vida da população por meio de obras residenciais, viárias, hospitais, escolas etc. Dados da Associação Nacional das Entidades Produtoras de Agregados para Construção Civil (ANEPAC) mostram a distribuição de consumo da pedra britada e sua aplicação (Tabela 3.2)

Tabela 3.2 – Consumo nacional de pedra britada (ANEPAC, 2003).

Pedra britada (%)	Aplicação
50	Produção de concreto
30	Pavimentação asfáltica
13	Artefatos de cimento e pré-moldados
7	Lastro de ferrovia e contenção de taludes

O consumo de pedra britada no Estado de São Paulo, em 2002, foi de 51,6 milhões de toneladas; em 2003, de 46 milhões de toneladas, o que pode ser justificado pela retração da demanda dos insumos básicos em obras. Na região metropolitana, os dados são de 28,8 milhões de toneladas ao ano (ANEPAC, 2003).

A pedra britada é o insumo básico para a produção de concreto e asfalto. O mercado dos reciclados poderia competir com 30% da pavimentação asfáltica, ou seja, 8,6 milhões toneladas

ano na região metropolitana de São Paulo, assim como o de concreto e artefatos (ANGULO et. al, 2002; ANGULO et. al, 2004).

A produção de concreto e argamassa é o maior mercado consumidor de agregados naturais. No mercado de pavimentação e obras públicas, não predomina o consumo de agregados naturais, e esse mercado não seria capaz de consumir totalmente RCD reciclado como base de pavimento. Assim, restaria o uso do agregado reciclado na produção de concreto não estrutural, por meio da substituição de 20% de agregado natural pelo reciclado, estabelecido por normas técnicas. A região metropolitana de São Paulo gera em torno de 8,5 milhões t/ano de RCD, e pode-se simular um consumo total desses resíduos (ANGULO et. al, 2002; ANGULO et. al, 2004):

- Consumo em pavimentação: com 8,64 milhões t/ano de agregados naturais, utilizando-se metade em reciclados, tem-se um consumo de 4,32 milhões t/ano de agregados reciclados;
- Consumo em concreto e argamassa: 14,40 milhões t/ano, utilizando-se 20% (substituição) destinados reciclados – 2,88 milhões t/ano;
- Consumo em artefatos e pré-moldados: 2,88 milhões t/ano, utilizando-se 20% (substituição) destinados reciclados – 0,75 milhões t/ano;
- Consumo em lastros de ferrovias e taludes: 2,02 milhões t/ano, utilizando-se 25% destinados reciclados – 0,55 milhões t/ano.

Pela analogia apresentada acima, o mercado dos reciclados na região metropolitana de São Paulo conseguiria, em tese, absorver 8,5 milhões t/ano de agregados reciclados, um potencial a ser desenvolvido por meio da substituição parcial dos agregados naturais convencionais sem prejuízo do desempenho desses novos materiais. O consumo de agregados pelos municípios é de 45% da massa de RCD gerada. Dessa forma, sobram 55% de RCD para o mercado privado produzir materiais reciclados. Para o mercado privado, é necessário um custo competitivo. O material reciclado deverá apresentar desempenho, no mínimo, similar que os tradicionais (ANGULO & JOHN, 2002).

A experiência na Prefeitura Municipal de Salvador (2000) comparou os custos de obras executadas com materiais convencionais com os de obras executadas por materiais reciclados, demonstrando uma redução aproximada de 50% dos custos (CARNEIRO et. al, 2001):

Agregado reciclado	R\$ 11,00/m ³
Brita graduada	R\$ 26,00/m ³

A simplificação do processo de produção pela redução de etapas de britagem e a redução de custos com transporte, coleta, despejos e manutenção são fatores levados em consideração, e que certamente contribuem para a redução de custos, favorecendo o interesse econômico pelas atividades recicladoras.

A maioria das nações desenvolvidas percebeu a necessidade de reciclar e de ter uma visão padronizada dos procedimentos a serem adotados para produção de agregados, atendendo a um padrão mínimo de qualidade (LEVY, 1997).

4. RESÍDUOS E RECICLAGEM

A cadeia produtiva da construção civil interfere no meio ambiente, pela extração de matéria-prima, produção de materiais, construção e demolição de obra civil. Segundo Pinto (1999), a sociedade nunca consumiu tantos recursos naturais, gerando grandes quantidades de resíduos, como na atualidade. Avalia-se que o setor da construção civil consome entre 20% e 50% do total de recursos naturais (SJOSTROM, 1992).

Oliveira (2002) afirma que os materiais descartados pela construção são verdadeiras jazidas de matérias-primas, potencialmente adequados para reciclagem. Esses resíduos são considerados, em grande parte, materiais inertes, constituindo a maior parcela dos resíduos sólidos gerados no ambiente urbano, considerando-se inertes os rejeitos provenientes de concretos, argamassas, material cerâmico, vidros, blocos de concreto, concreto celular, tijolos de barro e solo, entre outros.

Nesse cenário, distinguem-se duas fontes geradoras: construções e demolições, ambas apresentando material de elevado potencial de reciclagem. Além disso, pode-se classificar a origem dos resíduos por outras atividades, como obras viárias, escavações e limpeza de terreno.

4.1 Composição dos Resíduos

Os estudos realizados por Levy (1997) mostram que a composição do entulho é função da fonte que o originou e do momento em que a amostra foi coletada.

A Tabela 4.1 apresenta 18 materiais contidos no entulho pesquisado e sua procedência, ou seja, a fonte de geração, e observa-se que a maior parte do concreto armado tem origem em obras de demolição, ao passo que o concreto simples predomina em obras rodoviárias.

As características dos resíduos removidos de obras ou recebidos de pequenos coletores, provenientes de atividades de reforma e ampliação, mostram predominância da fração mineral que irá viabilizar a introdução de processos sustentáveis, como a reciclagem (PINTO, 1999). Essa afirmação vai ao encontro da constatação na Tabela 4.1, em que se observa, pela elevada porcentagem de concreto, a predominância da fração mineral.

Tabela 4.1 – Componentes dos resíduos e fontes geradoras (LEVY, 1997).

Componentes presentes	Fontes que dão origem ao entulho de construção				
	Trabalhos rodoviários (%)	Escavações (%)	Sobras de demolições (%)	Obras diversas (%)	Sobras de limpeza (%)
Asfalto	23,47	0,00	1,61	0,00	0,13
Concreto simples	46,38	3,16	20,00	8,03	9,26
Concreto armado	1,61	2,96	33,10	8,31	8,25
Poeira, solo e lama	16,75	48,91	11,91	16,09	30,54
Pedra britada	7,07	31,10	6,82	7,76	9,73
Cascalho	–	1,43	4,6	15,25	14,13
Madeira	0,10	1,07	7,14	18,22	10,53
Bambu	0,00	0,03	0,3	0,05	0,29
Blocos de concreto	0,00	0,00	1,16	1,12	0,90
Tijolinhos maciços	0,00	0,31	6,33	11,94	5,00
Vidros	0,00	0,00	0,20	0,35	0,56
Tubos plásticos	0,00	0,00	0,60	0,35	1,13
Areia	4,62	9,58	1,43	3,24	1,69
Árvores	0,00	0,00	0,00	0,01	0,12
Conduites	0,00	0,00	0,04	0,01	0,03
Retalho de tecidos	0,00	0,00	0,07	0,13	0,23
Metais	0,00	0,47	3,4	6,08	4,36

A Tabela 4.2, a seguir, ilustra a composição dos resíduos de construção removidos de obras convencionais nas cidades de São Carlos e Santo André, no estado de São Paulo. Destaca-se a porcentagem, em massa, dos tipos de resíduos removidos após segregação de produtos comercializáveis (papéis, plásticos e metais) e a predominância da fração mineral pelo alto percentual de argamassa. Os dados coletados nessas localidades constataam a diversidade da composição dos resíduos decorrentes da tradição construtiva e asseguram que a maioria dos resíduos gerados é formada por parcelas recicláveis (PINTO, 1999).

Tabela 4.2 – Composição dos resíduos coletados em canteiro de obra convencionais em São Carlos e Santo André (PINTO, 1999).

Composição percentual (discriminação conforme as fontes)	Composição dos RCD em obras brasileiras típicas
Argamassas	64,0
Concreto	4,2
Madeira	0,1
Componentes cerâmicos	11,1
Blocos de concreto	0,1
Tijolos	18,0
Ladrilhos	0,4
Pedra	1,4
Cimento amianto	0,4
Papel e orgânicos	0,2
Solo	0,1
Total	100%

Fatores como disponibilidade de materiais, mão-de-obra e tecnologia empregadas, os sistemas construtivos e o tipo de obra, reforma ou nova edificação influenciam a composição básica dos resíduos. Oliveira (2002) cita que os resíduos gerados na cidade de São Paulo são constituídos de 65% de inertes, 13% de madeira, 8% de plástico e 14% de outros materiais.

Dados coletados em diversas cidades mostram que as particularidades locais vão determinar uma maior geração de RCD em reformas ou em novas edificações, havendo uma presença mais significativa da construção empresarial, conforme se observa na Tabela 4.3. Outro aspecto importante apresentado na tabela é o volume de resíduos gerados pelas obras de reformas e demolição, superior aos de novas edificações.

Tabela 4.3 – Geração de RCD em alguns municípios (PINTO, 2000).

Informações	Santo André (base 1997)	São José do Rio Preto (base 1997)	Ribeirão Preto (base 1995)	Jundiaí (base 1997)	São José dos Campos (base 1995)	Vitória da Conquista (base 1997)
Provável geração RCD em novas edificações	47	36	55	51	27	18
RCD coletado em reformas e demolições irregulares	53	64	45	49	73	82
Provável geração total RCD (t/dia)	1.013	687	1.043	712	733	310

4.2 Minimização dos Resíduos da Construção

A quantidade de resíduos gerados pelas atividades construtivas tende a crescer em decorrência de processos de renovação urbana, pela revitalização de centros urbanos e novas edificações, solicitadas pelo crescimento populacional e déficit habitacional.

Os países da Europa Ocidental geram entre 0,7 e 1,0 tonelada de RCD por habitante/ano, correspondendo ao dobro dos demais resíduos sólidos gerados pela sociedade (PERA, 1996). No Brasil, são gerados 68 milhões de toneladas por ano de RCD; a produção média de resíduos por habitante é de 0,5 t/hab. ano, o que corresponde a quase 50% da massa dos resíduos sólidos urbanos (ANGULO, 2002). Esse volume de resíduos impacta o meio ambiente, podendo causar assoreamento de rios, contaminação do lençol freático, entupimento dos sistemas de drenagem e propagação de vetores.

A minimização dos resíduos da construção civil está baseada na redução quantitativa, que poderá ser realizada pela redução na fonte geradora, por meio de mudança de tecnologia, mais limpa e menos poluidora, pela substituição da matéria-prima, pela reutilização dos resíduos no próprio processo produtivo, sem precisar processá-los (os resíduos passariam por uma triagem, adequação e transformação); e, finalmente, pela reciclagem, que seria o reprocessamento gerando um novo produto. No processo produtivo, os resíduos podem ser entendidos como uma ineficiência do próprio processo (Figura 4.1), e a minimização produz um ganho com o aumento do produto (JOHN, 2000).

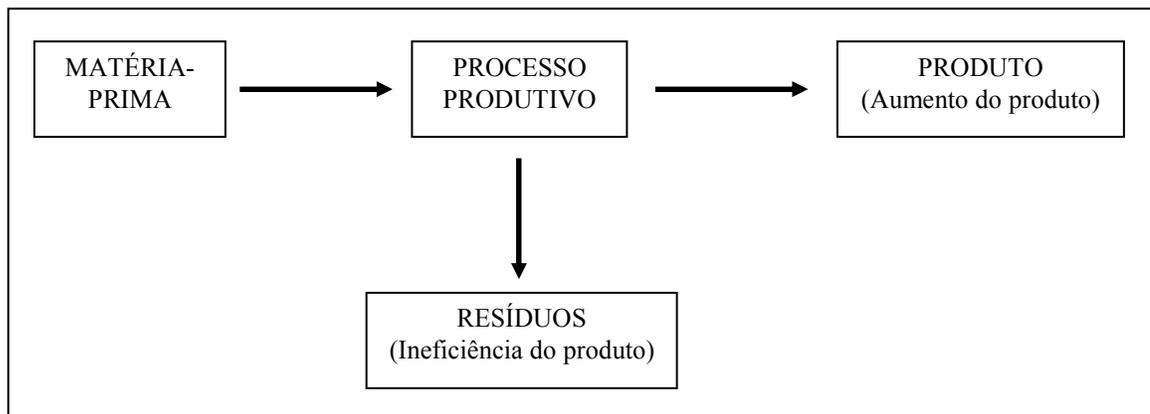


Figura 4.1 - Resíduos (ineficiência do processo produtivo).

Na figura acima, a matéria-prima, ao passar pelo processo produtivo, deverá gerar a menor quantidade de resíduos possíveis; conseqüentemente, haverá um aumento do produto.

A geração de resíduos seria uma ineficiência do processo de produção, que deverá ser corrigida por meio da minimização dos resíduos.

4.3 Reciclagem na Construção Civil

Diversas pesquisas desenvolvidas por universidades ratificam a utilização de resíduos como matéria-prima na confecção de produtos para construção civil, ao exemplo do agregado britado que, quando peneirado, pode ser aplicado como enchimento em drenagem, ou em sub-base, base, contrapiso, argamassas e blocos, entre outros.

Fatores como o conhecimento da quantidade e a composição dos resíduos, e o seu impacto sobre o meio ambiente, deverão ser analisados, fornecendo subsídios à utilização dos

RCD na substituição parcial ou total da matéria-prima nos processos produtivos da construção civil.

Nesse sentido, Xavier e Rocha (2001) propõem, para equacionamento da reciclagem, avaliações básicas como verificação do volume gerado de resíduos, identificação da composição e proporção dos componentes, estabelecimento das áreas disponíveis para recolhimento de entulho, potencial de industrialização dos materiais e agregados e possibilidades de comercialização do refugo – madeira, metais, papel e plástico. Essas avaliações irão possibilitar o levantamento de viabilidade econômica do trabalho de reciclagem: o dimensionamento de equipamentos e instalações necessárias à trituração e ao beneficiamento do material; ao avaliação do agregado reciclado como produto final ou seu uso em artefatos dosados *in loco*. Dessa forma, pode-se afirmar que o potencial de utilização dos RCD na reciclagem depende de um diagnóstico da situação dos resíduos.

John (2001) classifica a reciclagem dos resíduos em primária e secundária. É primária quando realizada dentro do mesmo processo que o originou; possui grande importância na produção do aço e do vidro, apesar de nem sempre ser técnica ou economicamente viável, e existem dificuldades com a pureza e a necessidade de um controle estreito da uniformidade das matérias-primas. A secundária está definida como a reciclagem de um resíduo em outro processo produtivo, diferente daquele que o originou, e apresenta inúmeras possibilidades. John constata que a maioria dos materiais utilizados na construção civil é formada por composição e produção simples, aceita variabilidade razoável e exige baixas resistências mecânicas; dessa forma, afirma que a “reciclagem secundária dos resíduos é alternativa que ainda deve ser explorada”.

A implantação de tecnologias que visem à reutilização e à reciclagem desse material, por meio de um processo de gestão adequada, será significativa mesmo com a implantação de programas de minimização e redução de perdas.

Pesquisadores (JOHN, 2001; PINTO, 2001) alertam para os riscos apresentados pela reciclagem de resíduos sólidos:

- Empirismo e falta de tradição em inovação tecnológica, aliada à longa durabilidade requerida, têm significado desempenho inadequado de novas tecnologias introduzidas no mercado.
- Muitos resíduos são considerados de alto risco, pois possuem elevadas concentrações de espécies químicas perigosas.

A proposta de uma metodologia para reciclagem de resíduos, apresentada por John (2000), leva em consideração aspectos que envolvem a caracterização físico-química e

microestrutural do resíduo, incluindo o seu risco ambiental; a possibilidade de ser aplicado na construção, considerando as características dos resíduos; o desenvolvimento de diferentes aplicações e processo de produção baseado na Ciência dos Materiais; a análise de desempenho perante as diferentes necessidades dos usuários para cada aplicação específica; a análise do risco ambiental do novo produto, pela contaminação do lençol freático, entre outros; a abordagem do ciclo de vida “do berço à sepultura”; a viabilidade econômica; e a possibilidade de transferência de tecnologia.

A construção civil caracteriza-se como um mercado conservador, com pouca experiência em inovação tecnológica; por isso, um novo produto no mercado irá exigir planejamento e adequação técnica. A confiança nesse novo produto poderá ser desenvolvida por meio das vantagens da reciclagem, como (PINTO, 1999):

- Redução do descarte inadequado, evitando alagamentos, deslizamento de encostas, proliferação de vetores de doenças, poluição etc.
- Otimização do uso dos aterros.
- Transformação de uma fonte de despesa em fonte de faturamento ou redução de despesas de deposição.
- Redução de custo no orçamento municipal.
- Substituição de parte dos agregados naturais empregados na produção de concreto, argamassa, blocos, tijolos, pavimentos etc.
- Redução dos custos de aquisição de matérias-primas, preservando reservas naturais.
- Criação de alternativa para as mineradoras.
- Redução do consumo de energia e da geração de CO₂ na produção e no transporte de materiais.
- Contribuição no desenvolvimento de ações dirigidas à minimização dos resíduos e ao gerenciamento ambiental.

Pesquisadores apontam para a necessidade de uma rede eficiente de captação de resíduos, consolidando um sistema de reciclagem, realizando programas informativos e educacionais, com a participação da população no processo de reciclagem, pois ela é a geradora de resíduos e consumidora dos materiais provenientes da reciclagem. Por isso, a comunidade deverá ser instruída sobre a importância da prática do descarte adequado.

4.4 Reciclagem no Canteiro de Obras

A reciclagem no canteiro de obras, com responsabilidade ambiental e redução de custo, é uma alternativa para a minimização de resíduos (PINTO, 2000). Há várias pesquisas brasileiras revelando a perda de materiais em processos construtivos, como cimento, cal, areia, concreto, argamassa, ferro, componentes de vedação e madeira.

Geralmente, os resíduos no canteiro de obra são gerados por quebras de produtos e ruptura de embalagens durante descargas, armazenagem e transporte; quebras durante execução de serviços, por falta de planejamento durante a modulação da obra; quebras em serviços já executados, em função de erros de execução e projeto; e perdas de materiais, por falta de capacitação de mão-de-obra e de gestão na operacionalização das atividades do canteiro de obra. A composição dos resíduos varia de acordo com a fase e o tipo da obra; normalmente, os resíduos recicláveis são compostos de areias (7,1%), pedras (11,5%), argamassas (29,15%), vítreos (3,34%), cerâmicas (32,14%) e metais (1,76%) (GRIGOLI, 2001a; GRIGOLI, 2001b).

Pinto (1999) chama a atenção sobre a responsabilidade social em relação aos resíduos gerados no ambiente urbano, no qual o setor da construção exerce suas atividades e realiza seus negócios. Propõe a gestão dos RCD nos próprios canteiros de obras, pois seria uma forma adequada para cumprir essa responsabilidade, já que, ao confinar a maioria dos resíduos no seu local de origem, evitaria a remoção dos resíduos para fora do canteiro. O projeto do canteiro de obras deverá ser considerado um instrumento fundamental para o gerenciamento da obra, designando áreas de segregação e processamento que possibilitem a valorização dos resíduos gerados. Elas seriam projetadas utilizando materiais como portões antigos, grades, portas e chapas diversas, com dimensões que permitiriam acumulação e manejo interno para análise de parcelas reutilizáveis. Pinto (2000) apresenta uma sugestão de organização em baias para a valorização de resíduos no canteiro de obras (Tabela 4.4).

Tabela 4.4 – Proposta de organização em baias para valorização de resíduos no canteiro de obra (PINTO, 2000).

Baias de resíduos	Descrição	Destinação
Material e componentes reutilizáveis	Tijolo, bloco e componentes diversos Madeira, metal e plásticos reutilizáveis	Reutilização em etapas posteriores Deslocamento para outros canteiros
Argamassa, alvenaria e concreto	Resíduo mineral, incluindo sobras de areia, pedra e resíduo cerâmico	Trituração e reutilização como agregado
Madeira	Retalhos inúteis	Classificação por contaminação e deslocamento para novos consumidores
Metal	Retalhos inúteis	Classificação e deslocamento para novos consumidores (coletor, sucateiro ou processador)
Plástico, vidro e papel	Embalagens e retalhos inúteis	Classificação e deslocamento para novos consumidores (coletor, sucateiro ou processador)
Solo	Solo limpo	Reutilização do solo orgânico no paisagismo
Resíduo perigoso	Produto inflamável, químico, bateria e lâmpada	Remoção adequada
Rejeito	Gesso, gesso acartonado, concreto celular e solo contaminado	Remoção para bota-fora ou outro tipo de destinação

Para as frações minerais (argamassas e concreto, componentes de vedação e revestimentos), as baias devem possuir dimensões mais amplas, tanto pela elevada geração desses resíduos como pela necessidade de processá-los. Para a reciclagem dessas frações minerais, é sugerido o uso de equipamentos simples: maseira-moinho, britador de mandíbulas, moinhos de martelos e moedor de caliça. Podem ser utilizados equipamentos maiores, alternando-se as características de produção, até mesmo com a mecanização do transporte dos materiais. As características desses equipamentos e o custo aproximado (Tabela 4.5) tornam-se viáveis ao considerar-se as questões ambientais e sociais já discutidas.

Para a minimização do resíduo gerado em um canteiro de obra, é preciso que os processos construtivos conduzam as diversas etapas do cronograma físico de forma sincronizada, evitando a ocorrência de desperdício incorporado ou desperdício de materiais pelo manuseio ou quebras, impondo-se que se refaçam serviços já executados (GRIGOLI, 2001a; GRIGOLI, 2001b).

Tabela 4.5 – Características dos equipamentos para reciclagem em canteiros de obras (PINTO, 2000).

Equipamento	Massadeira-moinho	Britador de Mandíbulas	Moinho martelos	Moedor de caliça
Funcionamento	Trituração a úmido por ação de rolos	Trituração por compressão de mandíbulas	Trituração por impacto de martelos giratórios	Trituração por mandíbulas e ação de rolos laminadores
Produto gerado	Agregados miúdos para uso como argamassa	Agregados miúdos e graúdos	Agregados miúdos e graúdos	Agregados miúdos e graúdos classificados
Dimensão da boca	180 cm de diâmetro	30 por 20	33 por 10	180 mm de diâmetro
Capacidade de produção m ³ /h	2,0	2,0 a 3,0	1,4 a 1,8	0,5 a 1,0
Motorização adotado CV	7,5	15	15	3,0
Peso do equipamento (kg)	2.500	1.850	520	280
Altura de alimentação (m)	120	120	140	140
Preço aproximado (US\$ 1,00= R\$ 1,90)	16.000	11.000	9.000	4.500

Entre as possíveis atividades que podem ser executadas com materiais recicláveis de um canteiro de obras, contam-se: aterramento de valetas e reconstituição de terreno; drenos; execução de estacas ou sapatas para muros com pequenas cargas; lastro e contrapiso em áreas comuns externas e passeio público; contrapiso e piso de automóveis, em ambientes internos às unidades habitacionais, em enchimento em casa de máquinas e áreas comuns internas; sistemas de drenagem em estacionamentos, poço de elevadores e floreiras; vergas e pequenas colunas de concreto com baixa solicitação; assentamento de blocos e tijolos; enchimentos em geral em alvenarias, correção de lajes desniveladas e escadarias; chumbamentos de batentes, contramarcos e esquadrias; chumbamentos das instalações elétricas, hidráulicas e de telefonia; e revestimentos internos e externos em alvenaria (GRIGOLI, 2001a; GRIGOLI, 2001b).

4.5 Reciclagem nas Usinas

A utilização dos resíduos de construção como material de aterro é uma prática usual. Sem nenhum tratamento, ele é depositado em aterros ou em bota-foras, mas este procedimento tende a

mudar graças à implantação de novas políticas públicas, é a conscientização da necessidade de um desenvolvimento sustentável, para o qual as usinas de reciclagem surgem como alternativa de redução desses resíduos.

A existência de mecanismos que facilitem o descarte dos resíduos e que auxiliem a segregação na captação e na remoção interromperá o contínuo aterramento de materiais reaproveitáveis e o esgotamento das áreas que sustentam o desenvolvimento urbano. Segundo Pinto (2000), com a atração dos resíduos para áreas estruturadas, a solução dos bota-foras poderá ser substituída por centrais de reciclagem, em que o processamento dos RCD deve ser simplificado, obedecendo-se ao fluxo de seleção e descontaminação, trituração e expedição, transformando-os em nova matéria-prima a ser utilizada em serviços e obras da construção civil.

Os RCD possuem propriedades que, por meio da reciclagem, possibilitam sua aplicação na construção civil de maneira abrangente, desde a pavimentação, seu uso para produção de concreto, até a contenção, para prevenção de processos erosivos. Segundo Angulo et al. (2002) e Angulo & John (2002), no Brasil somente uma parcela mínima dos RCD, potencialmente recicláveis como agregados, é de fato reciclada, e grande parte desse agregado produzido é destinada à pavimentação.

Atualmente, no Brasil, existem várias usinas de reciclagem, a maioria administrada por municipalidades e algumas poucas pela iniciativa privada. Os resultados sociais e ambientais têm sido favoráveis, apesar de todas as dificuldades encontradas pelos seus administradores: técnicas, legais e sociais.

Angulo *et. al* (2001) reconhecem a importância das usinas brasileiras sob o ponto de vista tecnológico e ambiental, mas alertam para o fato de que elas não solucionam o problema de forma global, pois os resíduos não são constituídos somente de minerais não metálicos, favoráveis à produção de agregado. Eles contêm metais ferrosos e não –ferrosos e madeira, entre outros resíduos. A classificação e a garantia de qualidade ainda não estão desenvolvidas e os procedimentos e equipamentos empregados nas usinas afetam as características dos agregados reciclados: composição, teor de impurezas, granulometria, forma e resistência. A variabilidade dos agregados contendo resíduos afeta o desempenho do concreto. Para viabilizar essa aplicação, serão necessárias modificações no processo de reciclagem e métodos confiáveis de caracterização.

5 USINAS E PRODUÇÃO DE AGREGADOS

A usina de reciclagem (ou central de reciclagem ou recicladora ou área de reciclagem, como definida na NBR 15 114/2004) é o espaço físico constituído de equipamentos que irão beneficiar o RCD classe A. O espaço físico constitui-se de pátios para estocagem, recebimento, manuseio e armazenamento dos materiais produzidos, de acessos para manobras de veículos e de área para administração.

Em linhas gerais, o RCD classe A, ao passar pelo processo de reciclagem, é britado e peneirado, resultando em agregados reciclados classificados. O fato de o agregado reciclado ter apenas uma aparência bem graduada e limpa não assegura a qualidade do processo de reciclagem; vários fatores podem interferir sobre esse aspecto, desde a implantação da usina até a estocagem final.

Para que as usinas de reciclagem sejam plenamente viáveis, é fundamental a sua proximidade com os geradores de RCD. De acordo com John & Agopyan (2000), o sucesso das Centrais de Reciclagem se faz pela construção de uma rede de captação de resíduos dentro da malha urbana, atraindo caçambas de coletas e coletores autônomos. O fato de as centrais de reciclagem serem operadas pelas prefeituras põe em risco o funcionamento das usinas, em razão da descontinuidade das administrações públicas, como ocorreu nas usinas de São José dos Campos, Vinhedo e Itaquera (São Paulo), todas localizadas no estado de São Paulo.

A adoção de um formato modular de central de reciclagem, adaptado à realidade brasileira, favorece a priorização da reciclagem do RCD classe A gerado em pequenos volumes e captado pelos municípios. A descentralização das áreas de reciclagem otimiza a distribuição da matéria-prima e a maturação de novos procedimentos, que irão consolidar uma nova cultura de destinação (PINTO, 1999).

5.1 Marco Histórico das Usinas

No final de 1995 começaram a operar, em escala industrial, as primeiras usinas de reciclagem das atividades construtivas. Como marco inicial, porém, tem-se a implantação em 1991, no município de São Paulo, da primeira usina de reciclagem do hemisfério Sul, com

capacidade de produção de 100 toneladas por hora (ZORDAN, 1997). Localizada na zona sul, no bairro de Santo Amaro, sofreu várias interrupções de operação, tornando-se inviável pela distância até os geradores da matéria-prima (RCD). A instalação da usina consumiu mais de US\$ 1 milhão. Atualmente, a usina está instalada na antiga Pedreira de Itaquera, situada na zona leste no município de São Paulo, em zona urbana rodeada por uma população de 300.000 pessoas. Trata-se de uma antiga pedreira (Pedreira Itaquera), cuja área sofreu reconformação topográfica pelo preenchimento da cava, com volume aproximado de 6.500.000 metros cúbicos e profundidade de 120 metros em relação à superfície. Anexa à região da cava encontra-se implantada a recicladora (DEPARTAMENTO DE LIMPEZA PÚBLICA E URBANA DE SÃO PAULO, 2004).

Em 1994, em Londrina (PR), foi instalada em uma antiga pedreira, pela Autarquia do Meio Ambiente (AMA), a Central de Moagem de Entulhos. O material moído era utilizado para produzir tijolos, com uma produção superior a 1.000 tijolos por dia, destinados à construção de casas populares. Na época, existiam 4.000 pontos irregulares de despejos, que foram extintos. Até 2002, a central recebia 100 caminhões de entulho por dia, o que correspondia a 75% (média de 300 toneladas) do RCD produzido diariamente na cidade (cerca de 400 toneladas); 85% dos reciclados eram aplicados em pavimentação e praças, e o restante, utilizado como agregados. Assim como em São Paulo, Londrina não conseguiu operar com o máximo de sua capacidade pela ausência de fornecimento de matéria-prima. O material era disposto em um único local, tornando-se economicamente inviável a locomoção até a usina (CENTRO DE INFORMAÇÕES SOBRE RECILAGEM E MEIO AMBIENTE, 2002).

Em dezembro de 1995, inaugurou-se, em Belo Horizonte, a primeira central de reciclagem da capital mineira, processando cerca de 120 toneladas por dia. A usina caracterizou-se como um sistema inédito pela forma descentralizadora que ligava a iniciativa de reciclagem à captação ordenada de resíduos. Ela teve origem no Programa de Correção Ambiental e Reciclagem do RCD, de 1993, que elaborou ações específicas para captação e reciclagem dos resíduos, fazendo parte do Modelo de Gestão de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte, que definiu a necessidade de quatro centrais de reciclagem no município (PINTO, 1999). A segunda usina foi inaugurada em 1996, no bairro da Pampulha, com capacidade de processamento em torno de 240 toneladas por dia. Entre janeiro e novembro de 2004 foram produzidas, nas duas estações, cerca de 91.177 toneladas de material britado, uma média de 275 toneladas por dia (Prefeitura de Belo Horizonte, 2005).

Em Ribeirão Preto, em setembro de 1996, foi inaugurada a primeira usina no interior do estado de São Paulo, com produção média de 240 toneladas por dia. Seu projeto fez parte do Programa para Correção Ambiental e Reciclagem do RCD, elaborado nos moldes do programa de Belo Horizonte, que previa a necessidade de 14 pontos de captação de resíduos e duas centrais de reciclagem. Até 1999, foi registrada uma produção média diária de 45 metros cúbicos (PINTO, 1999).

Também em 1996 foi implantada uma usina de reciclagem em São José dos Campos (SP), sendo desativada em junho de 1998. Durante esse período, recebeu, no máximo, 10 caminhões por dia, e processou 30% de sua capacidade (PINTO, 1999).

Até 2004 não existia documentação técnica que desse respaldo à implantação de usinas de reciclagem dos resíduos da construção. Então, a partir desse ano, entrou em vigor, no hemisfério Sul, a primeira norma técnica, que trata das diretrizes para projeto, implantação e operação de usinas de reciclagem dos resíduos sólidos da construção civil: a NBR 15114.

A implantação de uma usina de reciclagem requer investimentos em equipamentos, obras civis e montagem de equipe operacional. Avaliações básicas devem ser desenvolvidas, como volume gerado de entulho, características principais dos resíduos, áreas disponíveis e possibilidades de industrialização. A partir disso, efetua-se o planejamento econômico do trabalho de reciclagem (TÉCHNE, 1995).

5.2 Equipamentos Utilizados

Os equipamentos necessários à operação de uma recicladora são semelhantes aos de atividades de mineração, com as devidas adaptações; entre eles, têm-se o alimentador do britador, o britador, os transportadores de correias, os separadores magnéticos e as peneiras.

Geralmente, os equipamentos mais utilizados na britagem são os britadores de mandíbula e os britadores de impacto, mas em algumas recicladoras são encontrados o cone de britagem e os moinhos de rolo.

Os equipamentos são capazes de produzir vários tipos de agregados com características diferentes, como pode ser observado na Tabela 5.1 (LEVY, 1997).

Tabela 5.1 – Equipamentos de britagem utilizados na reciclagem (LEVY, 1997).

Equipamentos	Reciclados	Características
Britador de mandíbula	O material chega à câmara de britagem, onde é literalmente mastigado por mandíbulas.	Agregados graúdos. Apresentam distribuição granulométrica ideal para a produção de concretos estruturais.
Cone de britagem	O material chega à câmara de britagem, onde é esmagado contra as paredes de um cone. O material utilizado na alimentação deve ter sido previamente britado.	Agregados graúdos. São o equipamento ideal para utilizar como britador secundário para processar material com diâmetro máximo inferior a 200 mm.
Moinhos de martelos rotativos ou britador de cilindros	O material é conduzido, por uma correia transportadora, até a câmara de britagem, onde será literalmente esmagado	Agregados miúdos. São equipamentos raramente utilizados, pois só produzem material de granulometria fina.
Britadores de impactos	O material, após atingir a câmara de britagem, sofre sucessivos impactos, por martelos que giram permanentemente.	Agregados graúdos. São equipamentos utilizados para obtenção de agregados com granulometria ideal para aplicação em obras rodoviárias. São menos sensíveis aos materiais que não podem ser britados, como as barras de aço da armação.
Moinhos de rolo	O material é depositado manualmente na câmara de britagem, onde, por esmagamento, é transformado em areia com a granulometria desejada.	Os agregados miúdos produzidos nesse equipamento têm granulometria controlada em função do tempo de moagem. O processo de moagem e produção de argamassa é simultâneo.

A tabela acima apresenta o desempenho dos equipamentos de britagem em concreto, a forma como equipamento fragmenta o concreto e a aplicação mais adequada a que se destina o material.

A viabilidade da reciclagem utilizando-se britadores está numa escala de produção de 30 a 500 toneladas por hora (TÉCHNE, 1995). Uma escala de produção de 20 toneladas por hora é possível desde que haja adequação do porte do conjunto de equipamentos à necessidade do município, adequando o maquinário para a finalidade e visando à contenção da geração de resíduos (PINTO, 1999).

5.3 Agregados Reciclados

Agregados reciclados são materiais resultantes do beneficiamento de resíduos da construção por meio do processo de reciclagem. A matéria-prima que dá origem a esse novo material é composta dos resíduos das atividades construtivas (RCD classe A) e de material heterogêneo e diversificado, como concretos, argamassas, blocos, tijolos cerâmicos, solos, areias, argilas, asfalto e outros. Conforme Angulo (2001), os agregados obtidos são mais porosos, se comparados aos convencionais. Em sua estrutura microscópica, poderão existir partículas disponíveis a novas reações químicas, impulsionando a formação de redes cristalinas, e partículas finas, com potencial pozolânico. Segundo alguns autores (CASSA, VALOIS & CARNEIRO, 1998), se a matéria-prima proceder de um concreto ao qual, em sua composição, tenham sido adicionadas escórias com alto teor de metais pesados, o agregado reciclado produzido poderá pôr em risco o meio ambiente e a saúde de quem os manuseia.

A granulometria e o teor de contaminantes deverão atender a determinados limites, garantindo um bom desempenho em suas mais variadas aplicações, como descrito na NBR 15 116/2004.

Produzido pela britagem, a porcentagem de cada faixa granulométrica depende basicamente da granulometria original e da composição da matéria-prima. No tocante a seu aspecto geométrico, o coeficiente de forma é semelhante ao do agregado convencional, mas apresenta forma mais irregular, textura superficial mais áspera e porosa. A fração mais grossa possui distribuição granulométrica tolerável para a maioria das aplicações em construção. Em relação à fração menor que 2 mm do reciclado, devem ser tomadas algumas precauções, a fim de evitar problemas relacionados com absorção de água, forma e textura superficial, que influenciem em propriedades como consumo de água e resistência mecânica, presença de impurezas e contaminantes – provenientes de argilas, betume, polímeros, *fillers* expansivos, gesso, cerâmica refratária, cloretos, matéria orgânica, metais, vidros, substâncias reativas e concreto de cimento aluminosos – que, em determinadas quantidades, podem comprometer o desempenho em um concreto estrutural. A porcentagem de contaminação e impureza do agregado reciclado será relevante, ou não, conforme sua aplicação. Agregados reciclados que contenham partículas de gesso podem ser utilizados para execução de pavimentos. A presença de gesso em materiais produzidos com cimento Portland pode provocar fenômenos expansivos (ÂNGULO *et al.*, 2001).

As características dos agregados reciclados estão ligadas ao seu processo de produção, etapas de limpeza e seleção prévia, homogeneização, trituração, extração de materiais metálicos, eliminação de contaminantes e estocagem (LEVY, 1997). Para a análise da viabilidade da aplicação desse novo material, torna-se necessário estabelecer suas características, ilustradas na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Propriedades físicas dos agregados reciclados (LEVY, 1997).

Propriedades	Descrição
Porosidade	Grande porosidade.
Composição	Grande variabilidade, influenciando na resistência mecânica, absorção de água e massa específica.
Granulometria	Depende do tipo de resíduo processado, britador, peneiramento. Granulometria contínua (finos, que podem oferecer fissuras em argamassas, porém bom desempenho em concretos, em razão do rearranjo entre partículas do agregado e suas superfícies).
Massa específica e massa unitária	Geralmente menor que as dos agregados naturais. Influencia na dosagem do concreto (para um traço unitário, em que o volume do concreto reciclado equivale ao concreto convencional, deverá ser feita uma compensação da quantidade do reciclado).
Absorção de água	Varia em função do resíduo e faixa granulométrica. Alta absorção, interferindo na permeabilidade do concreto (aderência entre agregado e a pasta).
Forma e textura superficial das partículas	Maior angulosidade e superfície áspera.
Resistência à compressão	Influenciada pela porosidade.
Módulo de elasticidade	Mais baixo.
Substâncias deletérias	Prejudica as propriedades mecânicas e a durabilidade.

A aplicação do agregado reciclado está condicionada à sua composição, tornando-se necessárias a caracterização e as pesquisas, que vão analisar suas características físicas, químicas, mecânicas e ambientais.

Na caracterização da matéria-prima, aspectos como amostragem, processos de recebimento, homogeneização, análise de suas características físicas e seleção do material a ser britado devem ser considerados, em razão de sua composição heterogênea e a fatores que influenciam sua constituição, como o tipo de obra.

Na Tabela 5.2, pode-se constatar a influência direta dos equipamentos nas propriedades dos agregados reciclados, como a granulometria, que depende do tipo de britador.

Atualmente, o agregado não é considerado um material inerte, pois suas propriedades e características têm influência no desempenho do concreto: resistência, estabilidade dimensional e durabilidade. As características procedem da composição da rocha que deu origem ao agregado, do tipo de operação e dos equipamentos usados na fabricação do agregado. MEHTA e MONTEIRO (1994) afirmam que é “fundamental conhecer a natureza dos agregados na previsão do comportamento pois, pequenas quantidade de rochas ou minerais presentes como contaminantes no agregado poderão comprometer a qualidade do concreto”.

5.4 Usinas de Reciclagem e o Meio Ambiente

No processo de implantação de uma usina, aspectos como emissão de poeira, segurança e proteção dos operários, nível de ruídos produzidos e impacto visual no meio ambiente são questões a serem resolvidas. Procedimentos como a utilização de água como forma de controlar a poeira, o distanciamento da fonte geradora de ruído, a plantação de arbustos e vegetação, os abrigos em cabines e o isolamento do conjunto do britador são adotados por algumas usinas, com bom resultado. Apesar de o meio ambiente ser afetado de forma negativa por um grande fluxo de veículos, poluição visual e sonora, esse problema poderá ser minimizado pela racionalização do transporte de caminhões e preservação dos recursos minerais naturais não renováveis (LEVY, 1997).

6 MATERIAIS E MÉTODOS

O caminho escolhido para o desenvolvimento deste estudo foi a pesquisa qualitativa, pois permite a obtenção de dados descritivos no contato direto de pesquisadores com a situação estudada, enfatiza mais o processo do que o produto e se preocupa em tratar a perspectiva dos participantes.

-A investigação qualitativa requer como atitudes fundamentais a abertura, a flexibilidade, a capacidade de observação e de interação com o grupo de investigadores e com os atores sociais envolvidos. Seus instrumentos costumam ser facilmente corrigidos e readaptados durante o processo de trabalho de campo, visando às finalidades da investigação. Mas não pode ir para a atividade de campo sem se prever as formas de realizá-lo. Improvisá-los significa correr o risco de romper os vínculos com o esforço teórico de fundamentação, necessário e presente em cada etapa do processo de conhecimento. (MINAYO, 1992).

A pesquisa caracteriza-se pela interrogação direta das pessoas e procede à solicitação de informações a um grupo de pessoas acerca do problema estudado, obtendo-se conclusões correspondentes aos dados coletados.

6.1 Classificação da Pesquisa

Esta pesquisa classifica-se como exploratória e descritiva. Ela é exploratória porque proporciona maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito, possibilitando a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado, envolvendo o entrevistador com pessoas que possuem experiência prática com o problema pesquisado. Pode ser classificada como pesquisa descritiva porque descreve as características de determinada população amostral (GIL, 1991).

6.2 Delineamento da Pesquisa

Para atingir os objetivos especificados neste trabalho, foram utilizadas as pesquisas bibliográfica e de campo, confrontando a visão teórica com os dados da realidade.

A pesquisa bibliográfica abordou questões como sustentabilidade, minimização de resíduos da construção civil, reciclagem, agregados, aplicação e uso dos produtos reciclados, usinas de reciclagem, aspectos econômicos e legais.

Quanto à pesquisa de campo, como já mencionado, o método foi o de abordagem qualitativa, utilizando como instrumento de coleta de dados a entrevista e a observação. Foram realizadas visitas nas usinas de reciclagem, observando sua funcionalidade e a produção dos reciclados desde a matéria-prima até o produto final. Dessa forma, foi possível identificar os atores sociais e características das usinas, coletar dados por meio das entrevistas, de registros fotográficos e observações *in loco*.

6.3 Amostragem

A pesquisa qualitativa, de fundamentação teórica, fenomenológica, pode usar recursos aleatórios para fixar amostra, porém não é sua preocupação a quantificação da amostragem. Ao decidir o tamanho da amostra, ela considera os sujeitos que são essenciais, segundo o ponto de vista do investigador, para o esclarecimento do assunto enfocado; a facilidade para se encontrar com as pessoas; e o tempo dos indivíduos para as entrevistas (MINAYO, 1992).

O universo pesquisado abrange algumas das usinas de reciclagem existentes no Estado de São Paulo, administradas pelos municípios ou pela iniciativa privada. De acordo com o levantamento bibliográfico, em todo o Estado, há pelo menos 14 usinas de reciclagem implantadas até o momento. Em função do número reduzido de usinas, não foi estabelecida validade estatística. Dessa forma, foram criados três critérios para a seleção das usinas a serem investigadas: disponibilidade dos proprietários ou responsáveis pelas usinas; valor histórico, como a implantação das primeiras usinas; e o fato de as cidades onde estão implantadas estarem localizadas próximas à região metropolitana de São Paulo. Com base nesses critérios, foram selecionadas cinco usinas de reciclagem designadas por: *A*, *B*, *C*, *D* e *E*.

6.4 Coleta de Dados

Foram realizadas pesquisas de campo em usinas de reciclagem dos RCD e o instrumento principal utilizado foi a técnica de interrogação por entrevista. Caracterizada como informal,

embora livre, enfocou a especificidade dos dados que se pretendia obter. O material coletado foi registrado em fitas cassetes, fichas de anotações e fotografias.

A entrevista semi-estruturada partiu da elaboração de um roteiro que possibilitou a introdução de perguntas e de intervenções que visaram abrir o campo de exploração do entrevistado e aprofundar o nível de informações. A ordem de assuntos abordados não obedeceu necessariamente a uma seqüência rígida, o que possibilitou a produção de maior quantidade de material para a pesquisa qualitativa. A entrevista foi guiada por uma relação de pontos de interesses que cada entrevistado explorou ao longo de seu curso.

As visitas e entrevistas realizadas nas usinas contaram com a colaboração dos entrevistados, dos administradores e responsáveis técnicos pelas usinas, e enfatizaram aspectos operacionais e ambientais, fundamentais para atender os objetivos deste trabalho, dando menos ênfase às questões sociais.

6.4.1 Roteiro de Entrevista nas Usinas de Reciclagem

Trata-se de um instrumento para orientar uma “conversa com finalidade”, que é a entrevista; é o facilitador de abertura, de ampliação e de aprofundamento da comunicação. Funciona como um guia; portanto, não pode prever todas as situações e condições de trabalho de campo. No roteiro, constaram itens indispensáveis para o delineamento do trabalho, de forma que cada questão levantada faz parte do objetivo da pesquisa, encaminhando as respostas para lhe dar forma e conteúdo e contribuindo, com isso, para emergir a visão e as relevâncias a respeito dos fatos e das relações que compõem o estudo, do ponto de vista dos interlocutores.

Para a elaboração do roteiro de entrevista, foi desenvolvida uma pesquisa bibliográfica, com o objetivo de conhecer o maior número possível de usinas nacionais existentes, dados sobre sua localização, dados históricos, data e processo de implantação, fatos relevantes, como intervenções, período de funcionamento, dados sobre aspectos legais, sociais e ambientais e dados operacionais, como processo de produção e equipamentos.

Com os dados levantados pela pesquisa bibliográfica, elaborou-se o roteiro para usinas de reciclagem, que pode ser consultado no Apêndice A.

O roteiro fez uma abordagem das questões referentes à localização geográfica, *layout*, implantação e impacto ambiental e se as usinas estão próximas ao local de geração das matérias-primas, descentralizadas, facilitando o recebimento desse material, ou se possuem vias de acesso que facilitem o transporte sem prejudicar os equipamentos urbanos existentes no entorno.

O roteiro permitiu investigar o processo de produção, abrindo espaço para os temas que envolviam suas etapas, desde o descarte dos RCD pelos veículos na usina até a geração dos reciclados, a composição da matéria-prima que chega às usinas, as ferramentas e equipamentos utilizados e a composição dos produtos reciclados. Orientou a identificação dos atores sociais, que são todas as pessoas envolvidas diretamente e indiretamente com as usinas: fornecedores, mão-de-obra direta e indireta e consumidores.

6.4.2 Observação *in loco*

É a observação da pesquisa de campo nas usinas. Trata-se de uma observação livre e se limitou ao instante da pesquisa, enfatizando determinados elementos na interação. A observação foi registrada por meio de anotações realizadas em campo e delas constam informações complementares, que não foram registradas nas entrevistas formais: conversas informais, comportamentos, expressões que digam respeito ao tema da pesquisa, entre outras.

6.4.3 Pesquisa de Campo

Iniciou-se a pesquisa de campo com a identificação dos critérios de seleção das usinas, definição da amostra da pesquisa, identificação e localização das usinas a serem pesquisadas, sua caracterização prévia e obtenção de informações iniciais, estudo do histórico de cada uma delas e revisão do roteiro proposto.

Foram realizados contatos telefônicos para identificar a pessoa indicada para acompanhamento das visitas nas usinas, expondo a ela os objetivos propostos pelo trabalho e a interação de realização individual das entrevistas. Dessa forma, o trabalho de campo foi desenvolvido em duas etapas.

a) Primeira etapa: Preparação

Essa etapa consistiu em preparar o pesquisador para entrevistas, atendendo aos seguintes itens: capacitação do entrevistador, por meio do conhecimento de conceitos básicos que envolvem a pesquisa como desenvolvimento sustentável, produção de reciclados, viabilidade econômica, mercado, legislação, entre outros; assimilação do roteiro, guia da entrevista; preparação de material para registrar as observações *in loco*: os instrumentos necessários como máquina fotográfica, gravador e complementos. Foi estabelecido contato com as usinas, sendo confirmadas as visitas técnicas.

b) Segunda etapa: Experimental nas usinas

Com a etapa anterior cumprida, o pesquisador, munido de todo o material necessário, iniciou o trabalho de campo nas usinas.

Usina *A*: a investigação nessa usina foi dividida em duas partes. A primeira foi realizada na prefeitura da cidade e a segunda na usina, ambas no mês de agosto de 2002. Na prefeitura, foi entrevistado o responsável pela usina durante uma hora; em seguida, foi solicitado a um funcionário que levasse o pesquisador até a recicladora.

Na usina, iniciou-se a visita por meio de apresentações e conversa informal, seguida de entrevista, com duração de uma hora, com seu responsável técnico. Na sequência, foi apresentado por ele todo o processo de produção da usina, desde o descarte até o estoque do material produzido. Depois, foi disponibilizada a relação dos consumidores do material produzido pela usina e um funcionário para o contato entre o pesquisador e os consumidores. Como não foi possível contatar os consumidores no mesmo dia, o pesquisador retornou à cidade para concluir a pesquisa, conhecendo alguns consumidores.

A fim de atualizar dados já levantados nessa usina, em fevereiro de 2005 o pesquisador retornou e reafirmou o que já tinha investigado.

Usina *B*: como na usina anterior, a investigação foi dividida em duas partes: usina e prefeitura. Em agosto de 2004, foi possível realizar a visita à usina, observando-se os materiais estocados e os equipamentos e realizando-se a entrevista. A usina não estava operando, pois os equipamentos estavam em manutenção. A investigação continuou, em setembro de 2004, na prefeitura, onde o pesquisador foi atendido por um técnico capacitado e apto a responder às questões referentes à usina: foram detalhados os processos de produção, aspectos legais e administrativos referentes à pesquisa.

Usina *C*: Foram realizadas três visitas a essa usina, durante o mês de agosto de 2004, uma com o proprietário da instalação e as outras, em diferentes datas, com o responsável técnico pelas operações.

Na primeira visita, o proprietário concedeu uma entrevista com muito entusiasmo e riqueza no conteúdo de seus relatos, e apresentou a usina, que não estava operando: os equipamentos estavam em manutenção, mas foi possível conhecer todas as etapas e processos para a produção dos reciclados. Em seguida, o proprietário convidou o pesquisador a conhecer um consumidor do reciclado, uma obra comercial que estava utilizando o material produzido pela usina.

Na segunda visita, a usina estava em pleno funcionamento, tendo sido possível registrar e observar as etapas de produção. O responsável técnico acompanhou o pesquisador e concedeu entrevista, agendando-se uma visita a um outro consumidor.

Na terceira visita à usina, foi possível fazer outras observações, pois o cotidiano de uma usina é muito dinâmico. O responsável técnico da usina levou o pesquisador a conhecer uma obra que utilizava os reciclados.

Usina *D*: A investigação nessa usina foi realizada, em setembro de 2004, durante uma visita com seu responsável técnico e o responsável por sua implantação. Ambos concederam entrevistas e apresentaram a instalação, que estava em plena operação. Foi possível fazer contato com as pessoas que operavam as diversas etapas, facilitando o entendimento de seus processos.

Usina *E*: Nessa usina foi realizada uma visita, em dois momentos diferentes, ambos em setembro de 2004. O primeiro foi um encontro técnico fora da instalação, registrado por entrevista. O segundo momento ocorreu com a visita à usina, em que o responsável técnico concedeu nova entrevista, relatando as etapas operacionais; em seguida, o pesquisador teve oportunidade de conhecer os equipamentos, os processos de produção e as aplicações dos reciclados.

6.5 Tratamento de Dados

Os dados coletados foram tratados por meio das seguintes etapas:

- 1) Uma pré-análise, que consistiu no contato exaustivo com as entrevistas de cada usina. Foram ouvidas inúmeras vezes as fitas e, concomitantemente, feitas anotações.
- 2) Foram realizados estudos com essas anotações, complementados com o levantamento bibliográfico.
- 3) Foram realizadas as transcrições de todas as entrevistas, gerando um total de 200 páginas transcritas.
- 4) Seleção de fotos – elas contam como funcionam as usinas, os processos operacionais, os materiais reciclados, como estão sendo consumidos. Precisam ter coerência e conteúdo em sua seqüência. As fotos funcionam como documentos e registros das usinas.
- 5) Depois de explorado todo o material coletado, iniciou-se a construção de texto, contando e descrevendo a pesquisa de campo, segundo os aspectos levantados no roteiro.

- 6) Em seguida, foi desenvolvida a análise de conteúdo baseada nos textos construídos com a interpretação dos dados coletados, agrupados e organizados em seis categorias.
- 7) Foram produzidas tabelas, com a finalidade de destacar as informações obtidas, em uma visualização que fosse a mais transparente possível. Por fim, analisou-se o diferencial entre as usinas. Os dados qualitativos foram organizados de tal forma que atendessem aos objetivos do trabalho.

6.6 Apresentação dos Resultados

A apresentação dos resultados, em forma de relatório, foi elaborada em função dos objetivos da pesquisa e está constituída por considerações a respeito das observações realizadas.

Os próximos capítulos apresentam os resultados do estudo realizado e as conclusões que puderam ser dele extraídas.

7 USINAS: RESULTADOS

A pesquisa teve início no segundo semestre de 2002, com a visita à primeira usina, aqui designada por *A*, retornando em fevereiro de 2005 para verificar sua situação atual.

No segundo semestre de 2004, dando continuidade ao trabalho experimental, foram realizadas pesquisas nas usinas *B*, *C*, *D* e *E*, todas localizadas no Estado de São Paulo.

Os dados coletados durante as visitas nas usinas de reciclagem serão apresentados e relatados a seguir. Eles estão delimitados pelos aspectos contidos no roteiro de entrevista e serão analisados e discutidos no Capítulo 8 – Análise dos Resultados.

7.1 Usina de Reciclagem: A

A investigação nessa usina foi realizada por meio de visitas técnicas à prefeitura da cidade, à usina de reciclagem e à comunidade. Na prefeitura, foi entrevistado o responsável pela implantação da usina, aqui designado por entrevistado *A1*. Na instalação, foi entrevistado o coordenador da usina, entrevistado *A2*, que disponibilizou o acesso aos consumidores dos reciclados. Dessa forma, foi possível ter contato com os usuários dos produtos e observar sua aplicação.

Com os dados coletados nas entrevistas e com as observações *in loco*, foram elaborados os tópicos apresentados a seguir.

a) Dados gerais

Em 1997, iniciou-se o planejamento para implantação dessa usina, com o objetivo de solucionar a questão dos resíduos sólidos da construção civil da cidade, com o apoio financeiro da União. Profissionais com experiência em reciclagem de resíduos de construção e demolição foram contratados para desenvolver estudos, a fim de coletar dados para a elaboração dos projetos e implantação da usina.

[...] em 97 fizemos uma reunião com os caçambeiros da cidade tentando ver uma possibilidade de fazer uma parceria grande, [...] Paralelamente, nós apresentamos um projeto, também, de financiamento para ser incluído no orçamento da União, e fomos tentando ver se achavam recursos. Isso aí só foi acontecer no ano

de 2000, quando realmente foi liberado [...] foi assinado um acordo, um contrato com o Governo Federal para liberar uma verba para implantar esse sistema. Nós fomos a Belo Horizonte em 97/98, ver a usina funcionando as máquinas funcionando, [...] fez um trabalho de adaptação [...] a nossa necessidade. E está funcionando. [...] foi em 2000, mas foi assinado no final do ano o contrato e nós começamos a implantar no ano de 2001, foi o ano inteirinho para implantar as máquinas, porque é um processo muito complicado e porque você tem que deliberar. Você tem que determinar que tipo de máquina, qual a capacidade, qual o roteiro, de que maneira que ela funciona, a planta, onde vai ser colocada cada máquina, tudo isso é muito, muito demorado. E aí o ano de 2000 inteirinho foi para fazer esse planejamento [ENTREVISTADO A1].

Em 2001, a usina foi inaugurada, com capacidade de receber por dia 52 metros cúbicos de RCD da cidade, volume abaixo de sua capacidade máxima de operação.

Bom, nós temos uma estatística que mostra que é por volta de 90 toneladas por dia. Isso dá por volta de 50/52 m³. [...] o problema é que nem todo entulho chega à central de triagem, então nós temos hoje da capacidade instalada, nós estamos operando com 70% [...] ou seja, temos ainda 30% com capacidade ociosa, que nós estamos tentando determinar onde é que está, para onde que está fugindo esse entulho e assim [...] ser reciclado [ENTREVISTADO A1].

A usina está localizada em um pequeno município próximo à região metropolitana de São Paulo, que possui um grande parque industrial, fora da cidade, servido por importantes rodovias. A cidade possui cerca de 1 500 empresas e está avaliada entre as primeiras a obter o maior Índice de Desenvolvimento Econômico Social conferido pela Assembléia Legislativa do Estado de São Paulo.

O parque industrial é muito grande, a base de arrecadação é o ICMS [...] [...] existem cerca de 1 500 empresas, micro, pequena, média e grande. Existe um parque industrial, um distrito industrial grande e bem localizado fora da cidade [...] logisticamente bem localizado, porque está entre duas rodovias, e servida por uma terceira [...] logisticamente muito bem localizada e fora da cidade, o que é importante [ENTREVISTADO A1].

A usina ocupa uma área de pequeno porte, onde está instalada também a central de triagem de coleta seletiva, realizada por uma cooperativa que acondicionam materiais como garrafas “pet”, papéis e plásticos em geral para reciclagem, representada no *layout* (Figura 7.1, item 16). O entrevistado A2 explica:

[...] Em conjunto com essa reciclagem propriamente dita do entulho de construção, a gente também, dentro do mesmo espaço, tem a coleta seletiva [ENTREVISTADO A2].

Existe uma certa conscientização e colaboração da população em dar uma destinação adequada aos resíduos. Assim, está sendo desenvolvido nas escolas, com os alunos e seus familiares, um trabalho educativo de divulgação e campanhas setoriais de conscientização.

Ah! Faz seis anos que nós fazemos [...] fazemos um trabalho ambiental nas escolas, fazemos a “Semana da Água”. Esse ano mudamos o nome para Projeto “Quero-quero”, que as meninas estão fazendo, elas vão às escolas [...] fazem um trabalho [...] trazem as famílias, [...] visitam a Central de Triagem, então faz todo um trabalho de educação que está repercutindo [...] crianças vão se formando, vão avisando os pais.

Normalmente os pais, ou é o construtor, ou é o pedreiro, ou é o proprietário. As coisas meio que se misturam e essas informações vêm correndo. Falta atingir diretamente o gerador, [...] mas acho que a gente está começando a fazer isso de uma forma indireta, para que a hora que a gente tiver condição de atingir diretamente, ele já está mais ou menos informado: o filho já falou, a filha já falou, o sobrinho já deu um “toque”. E sem contar que essas crianças vão se formando e vão saindo da escola e vão no futuro [...] virar empreendedores, tal. Isso é um trabalho lento, mas [...] a gente vê a possibilidade muito grande disso aí ser transformado [ENTREVISTADO A1].

A usina está situada em uma zona urbanizada, cuja população possui baixo poder aquisitivo. A convivência com a vizinhança é harmoniosa e existem barreiras vegetais que minimizam os ruídos e a poeira.

A Figura 7.1 apresenta a disposição dos equipamentos e máquinas da usina *A* (*layout*):

1. Entrada de caminhões: acesso aos pátios
2. Descarga dos resíduos e área de triagem e segregação
3. Alimentador do britador
4. Britador de mandíbulas
5. Transportador de correia
6. Separador magnético
7. Transportador de correia para produção de “bica corrida”
8. Empilhamento de bica corrida
9. Transportador de correia na posição para peneiramento
10. Peneira: classificação granulométrica
11. Baias com seus respectivos agregados reciclados
12. Estocagem dos agregados reciclados
13. Guia em concreto
14. Entrada e saída de veículos
15. Administração
16. Central de triagem: espaço reservado para armazenamento do material coletado destinado a reciclagem (garrafa “pet”, plástico e papel).

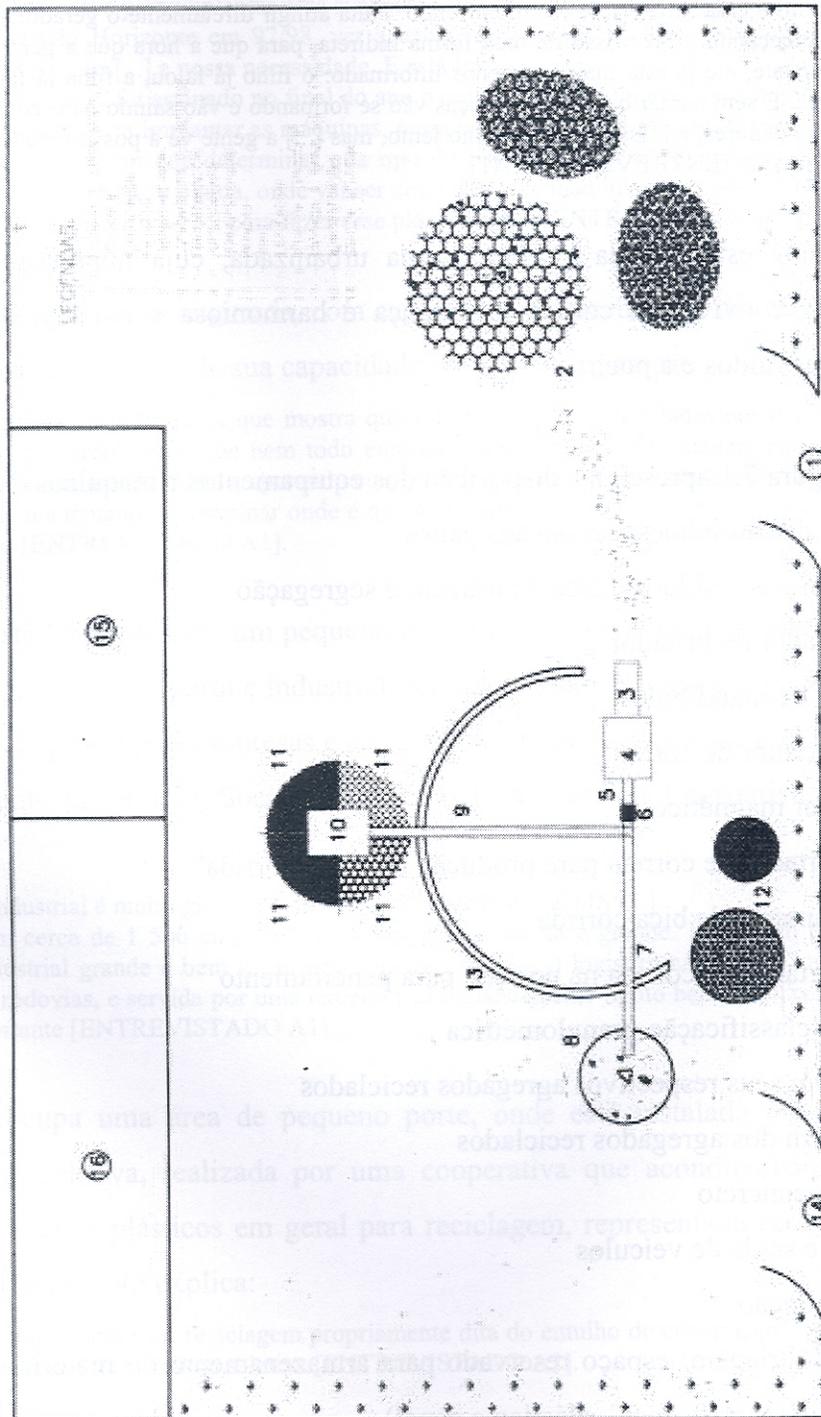


Figura 7.1 – Layout – Usina A

A usina *A* funciona da seguinte maneira: os caminhões entram na usina (1), estacionam e são recepcionados pelo responsável que faz a inspeção visual do material transportado, autorizando ou não a descarga. Se recusado, o caminhão deverá procurar uma destinação correta para o material; se autorizado, a descarga é realizada (2). Nessa etapa entram em cena os operários da triagem e segregação, que retiram os materiais como madeira, plásticos e papéis, entre outros, e encaminham o restante para a coleta seletiva (16). Após essa etapa, resta a matéria-prima, que é umedecida e depositada no alimentador do britador (3) pela pá carregadeira. O alimentador lança a matéria-prima na câmara de britagem (4), sendo ela mastigada por mandíbulas, gerando fragmentos de agregados com dimensões adequadas. Na saída do britador, os fragmentos são depositados na correia (5) e, em seguida, passam pelo separador magnético (6). Ao chegarem à extremidade da correia, os fragmentos são conduzidos por transportador (posição 7 ou 9), para produção de “bica corrida” e empilhamento (8) ou para peneira (10), em que é realizada a operação de classificação granulométrica dos agregados. Esse transportador de correia é apoiado em pequenas roda, permitindo a locomoção em trajetória circular sobre a guia em concreto (13). Depois da classificação, os agregados são depositados nas respectivas baias (11) e estocados (12). Assim, são fornecidos aos consumidores cadastrados pela administração (15), que coordena a operação de reciclagem e comercializa os agregados reciclados produzidos. A entrega dos agregados reciclados aos consumidores é feita pelos caminhões da própria usina. Na Central de Triagem (16), tem-se o armazenamento e o acondicionamento do material coletado pela cooperativa e destinado à reciclagem.

b) Aspectos legais e efeitos da gestão municipal

A usina é subsidiada pela prefeitura, que assume as despesas de transporte, consumo de energia e infra-estrutura.

[...] nós hoje estamos subsidiando, porque hoje a energia elétrica, a Prefeitura paga, a coleta do material é a Prefeitura que faz e a entrega é a Prefeitura que faz. Porque a Cooperativa não tem esquema para isso [ENTREVISTADO A1].

Atualmente, existe um Plano Diretor Municipal que limita as edificações até quatro pavimentos, ou seja, a cidade está investindo na não-verticalização como qualidade de vida. Assim, ela privilegia construções espaçadas com grandes terrenos, variando entre 250, 300, 500 e até 800 metros quadrados, que lembram chácaras e desconcentram a população. No município, porém, existem os loteamentos populares, que incentivam a autoconstrução. Para eles, a

prefeitura apresenta um programa destinado ao planejamento da construção de suas casas, sendo oferecidos materiais de construção reciclados a preços convidativos.

[...] o preço desse material, aqui, é a metade do preço do mercado. Um exemplo é um caminhão de areia: se você encontra um caminhão de areia em casa de material de construção em torno de R\$ 140,00, aqui a gente vende por R\$ 70,00.

O pedrisco, a outra pedra, a gente vende até mais barato ainda, vende a R\$ 60,00 um caminhão, e o preço aí fora é em torno de R\$ 120,00. Fica sempre na metade do preço do mercado[ENTREVISTADO A2].

c) Matéria-prima

Até o segundo semestre de 2002, a usina recebia cinco caçambas diárias, sendo o material descarregado bem diversificado: concreto, cerâmicas, podas de árvores, madeira e metais. O entrevistado *A1* define o termo “entulho” como a matéria-prima para a produção dos reciclados.

[...] a palavra “entulho” é muito ampla. As pessoas acham que entulho é tudo que não serve. Então, tanto pode ser uma parede quebrada como pode ser um pedaço de lata, uma marmita do pedreiro com resto de grama, ou uma tábua velha. Um pedaço de ferro, em suma, não é reciclado, a madeira não dá para picar ela no meio do entulho, então é um móvel velho, não dá para colocar no meio do entulho, então isso é bagulho. Então nós estamos tentando classificar de entulho de construção e bagulho.[...] Com o bagulho a gente não consegue fazer nada com ele, por enquanto.

[...] O que a gente tem feito: a madeira a gente tem até separado, o ferro a gente até tem separado para colocar em caçamba de ferro velho. Agora, muita coisa não dá, que aí vem barro no meio, por exemplo, [...] sobra tinta, as pessoas jogam a tinta dentro da caçamba, isso tudo contamina o material. [ENTREVISTADO A1]

A matéria-prima é fornecida à usina pelos caçambeiros. Há, no mínimo, oito empresas de caçambas que geralmente são contratadas pelo gerador ou diretamente pela prefeitura. O entrevistado *A1* define o pequeno gerador e conta um pouco sobre a origem da matéria-prima:

Pequeno gerador é aquele morador da periferia, provavelmente da periferia, que quebra um pedaço de muro, que quebra um pedaço da parte da cozinha e que faz um montinho na calçada. A Prefeitura passa e tira, ela substitui aqueles carroceiros que normalmente tem em outras cidades, [...] que é o pequeno coletor, vamos dizer assim, coletor de pequenas quantidades. [ENTREVISTADO A1]

A matéria-prima, ao chegar à usina, passa por uma inspeção visual, sendo realizada uma triagem manual. Observou-se que as caçambas com predominância em podas e terra eram rejeitadas, e os caçambeiros não eram autorizados a descarregar.

[...] o entulho do caçambeiro já vem mais próximo daquilo que a gente utiliza. Então, com os caçambeiros nós fizemos um acordo, e até por falta de espaço para que eles depositem [...] também ela, eles trazem o entulho [...] e depois, se o entulho for um entulho bom, ele já fica ali, se for um entulho que é um entulho contaminado que não vai dar para usar a gente já dispensa na hora. Eles já estão pegando a prática de qual que é o bom, qual que é o ruim.

Mesmo dentro do entulho bom, às vezes, vêm umas impurezas, vêm coisas que não são recicláveis.

Essas coisas são separadas, são os descartes, que são feitos ali na hora, na primeira triagem na central, é colocado numa caçamba e os próprios caçambeiros levam de volta. Então eles levam de volta o descarte [ENTREVISTADO A1].

Observou-se que a matéria-prima recebida é dividida em duas composições: concreto e material cerâmico. Nas Figuras FA1 e FA2 (página 60), observa-se a predominância do concreto na composição dos RCD.

O entulho de construção a gente divide em duas categorias aqui. A gente tem o resíduo que chega para gente aqui, proveniente das demolições e das reformas, eles chegam em duas composições: uma composição é tudo o que é de concreto, uma demolição que a base é de concreto, seja uma parede de bloco ou uma [...] um contrapiso, uma calçada que foi arrancada [...] Então é isso, na parte do concreto, o trabalho é assim. É depois, a outra [...] outra fração de uma demolição é a parte de tijolo, telha, material cerâmico [...] [ENTREVISTADO A2].

O porte da usina não permite grandes estoques de matéria-prima, o que pode ser constatado no *layout* (Figura 7.1). Conforme a afirmação do entrevistado A2: “[...] nossa realidade aqui, o espaço é pequeno”. À medida que vão chegando as caçambas, realiza-se a etapa de recebimento; em seguida, a matéria-prima é encaminhada para o processo de reciclagem.

d) Processo de reciclagem

Os resíduos, ao chegarem à usina, são descarregados no pátio de descarga (Figura 7.1, item 2) e encaminhados para as operações de reciclagem, gerando produtos que podem ser utilizados na execução de obras públicas e também em edificações.

Observou-se que o processo de reciclagem possui as seguintes etapas: descarga, triagem e segregação, britagem e peneiramento mecânico.

- Descarga

O processo de reciclagem na usina tem início com a descarga de caminhões poliguindastes, lançando os resíduos em uma área determinada para esse recebimento, como pode ser observado na Figura FA1 (página 60).

[...] aqui é a parte da chegada do material, [...] pelos caçambeiros. São essas caçambas de demolição que trazem o material para a gente [ENTREVISTADO A2].

- Triagem e segregação

Na etapa de triagem e segregação, são retirados os materiais que não interessam para a reciclagem, como madeira, plástico, papel e metal. Eles são removidos para contêineres localizados no pátio de descarga, onde são acondicionados e seguem para a comercialização.

Após essa etapa, obtém-se a matéria-prima, ou seja, o RCD classe A está pronto para ser fragmentado.

Então, a gente procura dar uma separada no material, o que é concreto a gente deposita de um lado, o que é tijolo, é telha do outro.

O material vem com bastante ferragem, vem um pouco de madeira e tudo isso daí tem que ser tirado, e é tirado manualmente mesmo, e vai ter uma pessoa que fica encarregado de retirar essa ferragem, pedaços de madeira. Aí escolhe-se o material, bom hoje vamos trabalhar só com o material de tijolo e telha. [ENTREVISTADO A2].

- Britagem

O resíduo segregado torna-se matéria-prima do reciclado e será transportado pela pá-carregadeira até o alimentador vibratório. Ao ser depositada na calha, a matéria-prima, por vibração, é deslocada em direção à câmara de britagem, e os resíduos finos são retidos pela grelha existente no equipamento. Um operador posicionado próximo ao equipamento acompanha o processo, interrompendo-o quando necessário e umedecendo o material.

Na câmara de britagem, a matéria-prima é esmagada pelo britador de mandíbulas, que rompe o material por compressão. Desse modo, os fragmentos da matéria-prima geram o agregado reciclado, com granulometria variada. Na saída do britador, o agregado é lançado na correia transportadora, passando por um separador magnético que remove algum metal ferroso remanescente. Em seguida, o material é direcionado para o segundo transportador de correia e conduzido até o peneirador ou à pilha de bica corrida.

Aí tem uma pá carregadeira, que é um trator. Ele vem aqui no monte assim [...] como aquele monte, por exemplo, de tijolo e telha, ela carrega ali e vai até o triturador, que é aquela máquina lá [...] então lá é jogado naquele funil, o material desce e cai numa mandíbula, onde vai triturar o material [...] o material depois de triturado, se for esse o caso do tijolo e da telha, só é depositado naquele monte lá, e dali sai para cobertura de estrada de terra, manutenção das estradas de terra [ENTREVISTADO A2].

- Peneiramento

O agregado com granulometria variada é depositado na caixa de entrada da peneira. Na peneira, o material é classificado dentro de quatro faixas granulométricas por meio das vibrações produzidas pelo equipamento. Então, o agregado reciclado é alocado nas respectivas baias localizadas abaixo do peneirador; dessa forma, são produzidos areia, brita 0, brita 1 e rachão (Figura FA10, página 61).

Na produção dos agregados em “bica corrida”, o reciclado não passa pelo peneiramento. Ao sair do britador, o reciclado é conduzido e lançado direto na pilha, sem divisão granulométrica. A Figura FA11 (página 61) mostra o empilhamento do agregado em “bica corrida”.

Quanto aos equipamentos utilizados para a reciclagem do RCD, podem ser relacionados: alimentador vibratório apoiado, britador de mandíbulas, transportador de correia móvel,

separador magnético e peneirador. Esses equipamentos foram projetados para atender à realidade dessa usina e sua manutenção é mínima.

[...] a manutenção é simples, [...] nem, nem posso te falar de custo, porque é assim baixíssimo. [...] Dá para nossa realidade [...] Porque o fabricante desse equipamento, ele monta uma planta específica para sua realidade. Se você [...] chegar para ele e falar: Eu recebo 30 caçambas por dia – é diferente da nossa realidade que é de 5 caçambas por dia [...] aí ele vai montar um equipamento de maior porte. Mas nossa realidade, ele é suficiente [ENTREVISTADO A2].

- Alimentador vibratório

Esse equipamento está apoiado em uma estrutura metálica e é constituído por mesa vibratória e grelha. Sob a mesa vibratória está posicionado um par de vibradores universais que giram em sentidos opostos descrevendo um movimento linear a 45 graus. A grelha faz uma pré-classificação, ou seja, uma separação prévia do material fino. Na vista frontal da Figura FA3 (página 60), pode-se observar o equipamento abastecido com matéria-prima e a estrutura metálica de apoio.

- Britador

O britador utilizado nessa usina é do tipo “mandíbulas”: trata-se de um britador primário com um eixo excêntrico. Esse equipamento é ajustado para produzir agregados com diâmetros de 1,2 a 1,5 vezes a dimensão máxima característica do agregado natural. Nas Figuras FA4 e FA5 (página 60), podem ser observados o eixo excêntrico do britador e a correia trapezoidal de acionamento.

- Transportador de correia

O transportador tem a função de conduzir a matéria-prima já britada. É um equipamento composto por motor elétrico, conjunto de tambores e correias (Figura FA7, página 60). Seu funcionamento ocorre pelo acionamento do motor elétrico, que transmite a potência necessária para o tambor, movido por intermédio de correias, fazendo que as rotações produzidas movimentem a correia continuamente.

Na Figura FA4 (página 60), observa-se o primeiro trecho da correia transportadora, que conduz o material que sai da boca do britador. Em seguida, o trecho é finalizado com a mudança de direção e inicia-se o segundo trecho da correia transportadora, conduzindo o material até a peneira vibratória. A Figura FA8 (página 61) apresenta a guia em concreto para locomoção dos transportadores, que são apoiados em rodas.

- Separador magnético

O separador magnético está instalado acima do primeiro trecho da correia (Figura FA6, página 60). O ímã trabalha em regime contínuo, retirando os metais que permanecem nos fragmentos da matéria-prima depois de britada.

- Peneira vibratória apoiada

Esse equipamento classifica os agregados reciclados. É constituído por caixa metálica, com telas, motor elétrico, eixo excêntrico e correias trapezoidais. O agregado é lançado sobre a caixa de entrada, que transporta o material para a superfície de peneiramento, onde estão instaladas telas com seções que variam de dimensão. Dessa forma, o material passante é classificado em faixas granulométricas.

O peneiramento ocorre ao ser acionado o motor elétrico, que transmite a potência necessária ao eixo excêntrico, por intermédio de correias, produzindo vibrações que resultam em movimento linear, que desloca o agregado ao longo do corpo da peneira e o classifica conduzindo-o às diversas telas e suas respectivas baias. As Figuras FA9 e FA10 (página 61) mostram o peneirador apoiado em alvenaria estrutural e o direcionamento do agregado classificado para suas respectivas baias.

e) Produto

A usina produz dois tipos de materiais em função da matéria-prima. Os materiais provenientes de argila, tijolos e telhas irão gerar um reciclado semelhante ao “cascalho” ou “salmourão” tecnicamente denominado “bica corrida”. Os provenientes de concreto resultarão em quatro faixas granulométricas: areia, pedrisco, pedra 1 e “pedra rachão” ou “pedra maior”, assim denominados pelo entrevistado *A1*.

[...] o que é proveniente de argila, é o resto do tijolo de barro, telha de barro, entendeu, terra, todo esse material ele é triturado, ele é feito uma grande leira, um grande monte de terra, e isso aí ele serve para substituir o material, o cascalho e o salmourão que era utilizado para cobertura de estrada [...] material do concreto ele é triturado, britado e peneirado, um processo de peneiramento e classificação. Então ele é classificado em quatro grãos: areia, pedrisco, a pedra 1 e a pedra rachão, a pedra maior, esse material é vendido normalmente, a pedra, a areia, pedrisco [...] [ENTREVISTADO A1].

Os agregados reciclados produzidos pela usina (Figura A12, página 61) são aplicados em pavimentação e elementos construtivos que solicitem baixas resistências. O “cascalho”, ou “salmourão”, citado anteriormente, é quase totalmente consumido pelas obras municipais de

pavimentação. Segundo o entrevistado *A1*, a pedra maior é aplicada na execução de drenos, ao passo que a areia, o pedrisco e a pedra 1 são utilizados na execução de edificações.

[...] é a pedra maior, ela é normalmente [...] ela não é usada para construção, que é uma pedra grande, mas ela pode ser utilizada ou pela Prefeitura ou pelas construtoras que estão fazendo asfalto na cidade, para também fazer base de asfalto ou fazer drenagem, fazer drenos.[...] [ENTREVISTADO A1].

A seguir, o entrevistado *A2* denomina “bica-corrida” o rachão “salmourão” e explica o tipo de reciclados produzidos na usina e suas aplicações.

[...] o resíduo de concreto passa por uma trituração, da trituração joga o resíduo num conjunto de peneiras, essas peneiras é [...] que vão fazer a separação do material por granulação.

Então, vou conseguir resgatar o resíduo do concreto em quatro granulações [...]

Um mais grosso, que é considerado assim [...] uma pedra 4 [...] uma pedra 1, o pedrisco e a areia. Isso daí, é o resíduo quando eu tiver triturando o concreto.

Então, essas quatro granulações, aí depois [...] todo esse material de concreto, a areia, o pedrisco, as pedras, eles retornam novamente para construção civil.

É para se fazer [...] contrapiso, calçada [...] nada estrutural. Esse material tem essa ressalva, porque a gente ainda [...] não tem um laudo técnico, que esteja indicando esse material para estruturas, então [...] ele volta na forma de contrapiso e calçadas, é a única indicação que a gente está passando para o cliente.

[...] esse material é vendido, e [...] a receita volta, vem para a Cooperativa, que aqui é uma Cooperativa, é toda manipulada pela Prefeitura, organização, tudo, mas eles recebem o salário deles já dão [...] do resultado da venda desses materiais.

[...] Então é isso, na parte do concreto, o trabalho é assim. E depois, [...] a outra fração de uma demolição é a parte de tijolo, telha, material cerâmico.

Esse material cerâmico, ele entra no mesmo processo de trituração. Só que depois eu elimino essa parte de peneiramento desse material, para se estar extraindo essas [...] essas granulações, porque eu não vou encontrar no tijolo, não vou encontrar areia, nem pedrisco, nem pedra.

Então, o material cerâmico ele só é triturado e depois ele fica acumulado aqui, na forma assim [...] de uma bica corrida. Forma-se aí uma grande montanha; esse material, ele tem o destino de estar sendo utilizado na manutenção de estradas de terra.

Então, nosso município tem várias estradas de terra que estão sendo feitas a manutenção, como problemas de erosão. [...] esse material, ele é colocado, na estrada depois ele é compactado com o rolo compressor. E é um material derivado do tijolo e da telha basicamente [ENTREVISTADO A2].

A areia, segundo o entrevistado *A2*, é considerada pela usina como um material mais nobre devido ao tempo que leva para ser produzida em quantidade suficiente para a venda. Ela pode ser utilizada de diversas maneiras, como na confecção de peças não estruturais. Já se observou uma boa aceitação desse material, principalmente em obras de autoconstrução, ou seja, seu uso tem sido bem aceito em bairros populares. Observa-se, contudo, também a utilização desse material em condomínios mais nobres, que recentemente aproveitaram-no para execução de calçadas e pavimentos.

A capacidade de produção da usina é de 50 metros cúbicos por dia de agregados reciclados, mas sua produção diária está em torno de 15 metros cúbicos, ou seja, 30% de sua capacidade total.

[...] nós temos uma estatística que mostra que é por volta de 90 toneladas por dia. Isso dá por volta de 50/52 m³. [...] o problema é que nem todo entulho chega a central de triagem, então nós temos hoje da capacidade

instalada operando com 70% [...], ou seja, temos ainda 30% com capacidade ociosa, que nós estamos tentando determinar onde é que está fugindo esse entulho e assim [...] ser reciclado. [...] Então [...] é aquilo que eu te falei, estamos reciclando 70% daquilo que nós imaginamos que seja produzido. [ENTREVISTADO A1].

Não existem laudos técnicos que permitam uma utilização mais ampliada dos materiais dessa usina. O usuário do produto recebe orientação técnica da usina de que o material deverá ser usado em obras sem função estrutural.

[...] contrapiso, calçada [...] nada estrutural. Esse material tem essa ressalva, porque a gente ainda não tem ainda um laudo técnico, que esteja indicando esse material para estruturas, né, então [...] ele volta na forma de contrapiso e calçadas, é a única indicação que a gente está passando para o cliente [ENTREVISTADO A2].

[...] o uso desse material na obra, por exemplo, esse cidadão que está fazendo a casinha dele lá, se, por exemplo, está usando uma areia [...] é [...] assim [...] quanto às propriedades técnicas, se você usou uma areia que ela vem com certo teor de poluição, vamos falar poluição entre aspas, porque não é uma areia de uma procedência natural como seria um extraído de alguma [...] fonte [...] E nesse caso ele vai compor com cimento, água tal, ele tem uma resistência e essa resistência, a princípio, ela poderia ficar muito abaixo, usualmente seria usada por uma edificação de dois pavimentos, por exemplo.

[...] Esse material, ele é utilizado não para obras de sustentação, não para vigas, não para pilares, isso nós fazemos questão de a pessoa assinar esse compromisso.

[...] Porque elas usam apenas em contrapiso, em assentamento de piso, assentamento de [...] de ladrilhos e tal.

[...] Sem função estrutural. Por quê? Porque nós não temos é [...] os ensaios que comprovem a durabilidade, a resistência desse material. Agora, essa questão de impureza, eu acho até que é um pouco de preconceito da gente. Porque o material virgem, às vezes, é mais impuro que esse material. O material virgem normalmente, na nossa região, ele é tirado da beira do rio e nós sabemos como estão nossos rios [...]

[...] Enquanto esse material, [...] já foi feito o processo de mistura, na primeira vez, ele já teve um processo de cura, tá certo, então as impurezas, entre aspas, que existiam ali deixaram de existir nesse processo de cura.

[...] É [...] é a reação química do cimento, é o cimento no momento que ele reage, que ele reage para endurecer, para enrijecer. Aquela peça, ela tem uma reação química e aquilo lá, a temperatura daquilo [...] supera a resistência de qualquer bactéria, então tem uma reação química que esquenta por dentro e petrifica. Depois quando você brita, você volta para o pó, ele é tranqüilamente uma areia com menos impureza do que [...] isso estamos falando sem ter feito um estudo técnico tal, mas isso com certeza [...] se pode ver [...]

[...] Como é, de onde que vem essa areia que eu triturou? Ela vem já de um local, onde já foi usada essa areia, ou para assentar um bloco ou para fabricar um bloco ou para assentar um tijolo [...]

[...] Quando ela fez esse processo, lá no começo, já passou por um processo de cura quando foi feito o primeiro bloco com aquela areia que saiu do rio. Lá já foi feito um processo de cura. O que eu pego agora? Pego pedaço de bloco e reciclo.

Só que aquele pedaço de bloco é proveniente de uma areia, de pedra e de um cimento que já passou por um processo de cura.

[...] então, eu não faço nada, só triturou, mas ele já passou por um processo de cura [ENTREVISTADO A1].

f) Atores sociais

Existe uma cooperativa que divide o mesmo espaço com a usina de reciclagem. Essa cooperativa realiza tarefas de triagem, segregação e acondicionamento do material arrecadado na coleta seletiva e o encaminha para as empresas recicladoras.

[...] aqui é uma Cooperativa, é toda manipulada pela Prefeitura, tal, né, organização [...]

[...] Em conjunto com essa reciclagem propriamente dita do entulho de construção, a gente também, dentro do mesmo espaço, tem a coleta seletiva.

[...] o material que vem dentro da gaiola, ele é reciclado. É, mas aqui a gente só faz a separação, a gente não recicla nada aqui, nem de plástico, nem vidro, papelão, latas, né. A gente só acondiciona aqui, tudo separado, e vende para as indústrias recicladoras.
[...] não atrapalha no nosso trabalho aqui, porque a gente já é uma central de triagem mesmo [ENTREVISTADO A2].

Até o momento somam-se dez pessoas trabalhando nesse espaço: seis pertencem à cooperativa e quatro são funcionários da prefeitura. A cooperativa, em seu processo de desenvolvimento, gera empregos e se aproxima de sua auto-suficiência, informa o entrevistado *A2* no texto a seguir.

Hoje tem seis da Cooperativa e mais quatro da Prefeitura lá [...] não tinha nenhum da Prefeitura, então hoje tem três da Prefeitura, mais o coordenador, o encarregado, são dez pessoas trabalhando lá.
E esse pessoal da Prefeitura, [...] vamos falar assim [...] ele é a grosso modo [...] o pagamento desses [...] da Prefeitura [...] então eles estariam emprestados para a Cooperativa para ajudá-la.
Porque eles fazem a coleta e a entrega.
E ajudam também na separação [...] faz de tudo.
Então, dão uma força, tipo assim [...] são dez pessoas, na verdade nove. Porque não se conta o encarregado.
O encarregado lá é para resolver outras coisas. Mas são nove para pagar o salário de seis.
Que hoje está dando, tá sobrando. Então você consegue [...] a partir deste mês devemos ter mais um sétimo trabalhador, depois o oitavo, então [...] e aí com certeza, quando estiver perto dos quinze trabalhadores, aí ela vai estar auto-suficiente, porque aí se avolumam os recursos [ENTREVISTADO A2].

A renda gerada da venda de todo o segregado e reciclado é destinada à cooperativa.

[...] esse material é vendido, e [...] a receita, volta, vem para a Cooperativa, que aqui é uma Cooperativa, é toda manipulada pela Prefeitura, organização, tudo, mas eles recebem o salário deles [...] do resultado da venda desses materiais [ENTREVISTADO A2].

A seguir, o entrevistado *A2* enfatiza as vantagens sociais e ambientais e esclarece como teve início a cooperativa.

[...] Vantagens sociais são, primeiro lá [...] lá na ponta, que é o barateamento do custo do material de construção, é [...] aqui no começo, que é a geração de emprego com a Cooperativa de trabalhadores. Então, você tem duas vantagens sociais.

Tanto no barateamento da [...] moradia como geração de renda. Também tem duas vantagens ambientais no mínimo, que é você diminuir a extração de material virgem do meio ambiente, da natureza e você evitar que esse material, já uma vez utilizado, seja jogado nas valetas e venham assim assorear córregos, nascentes e matas.

Nós começamos a trabalhar desde 97 com uma entidade, trabalhando na geração de renda. Mas aí, ela fica muito [...] as pessoas [...] geração de renda [...] começa virar meio emprego, e a gente não quer trabalhar com essa questão de emprego, porque se você botar funcionário público ali para fazer [...] funcionalismo público ganha um pouco melhor do que na região, então, isso [...] o custo inviabilizaria o projeto.

[...] sem contar que as pessoas que estão hoje marginalizadas, dificilmente passariam num concurso público para entrar na Prefeitura.

[...] Então a Prefeitura, essa questão de concurso público é importante, é democrático tal, mas ela meio que utiliza o funcionalismo, até aquele de serviços gerais. Meio que utiliza [...] o cara tem que ter 8ª série para poder fazer uma boa prova. E não necessariamente será o melhor trabalhador lá, para essa obra. Então, nós procuramos o quê? Temo que dar um jeito de fazer com que essa pessoa que está marginalizada lá, que não consegue emprego numa indústria, que está é [...] vendendo, vendendo cachorro quente ou vendendo pipoca na praça, essa pessoa possa ter uma renda [...] Entendeu? Então, foi pensando nisso que a gente chegou na formulação da Cooperativa de trabalhadores. E o quê que é, a Prefeitura organizou todo o espaço e cedeu para Cooperativa, dali tirar a sua renda, desde que ela, faça o trabalho de acordo com as políticas é [...]

definidas pela administração. Então eles estão hoje, ainda é pequena, hoje está com seis trabalhadores, a Cooperativa, ele tem vinte, mas tem seis trabalhando. É [...] cada mês a gente coloca mais um pelo menos, está. Só que não é só no [...] no entulho, a reciclagem tudo, também tem a Central de triagem de material reciclável, de coleta seletiva, está [...] tudo junto. Você viu lá. Lá tem todo um sistema junto. [...] Então sobra aqui, o pessoal trabalha ali, sobra ali [...] falta aqui [...]

Ah! Então a área da Usina, ela funciona não só especificamente para entulho. Ela é uma central de triagem de resíduo sólido, então ali entra também o [...] a coleta seletiva, então hoje se você falar quantos empregos dá o entulho, vou te dizer três empregos. Hoje, se você falar – três empregos - oito horas/dia. [...] mas ele pode dobrar ou triplicar dependendo do volume e da condição que agente venha, só que eu não tenho esse problema porque sobrou aqui eu uso ali [ENTREVISTADO A2].

A Secretaria de Habitação da cidade desenvolveu um programa que favorece e incentiva a autoconstrução e que disponibiliza o material reciclado à comunidade.

Então nós temos o cadastro na Secretaria da Habitação de pessoas que estão em loteamentos urbanizados, construindo sua própria casa. Essas pessoas se cadastram para comprar esse material.

Então é feito de uma forma social, não é vendido para quem quiser, é vendido de uma forma social.

Essas pessoas fazem uma fila, se colocam eu quero [...] quero tantos metros de areia, tantos metros de areia, tanto metros de pedra, então vai botando numa fila e as pessoas vão comprando a um preço menos da metade do preço da praça do preço do material virgem.

[...] é o movimento de moradia, o quê que é esse movimento de moradia, não é o marajá, não é o magnata.

O movimento de moradia não entra pessoa que não tem casa, são os sem casas, sem-tetos. Essas pessoas fizeram um cadastro na Secretaria de Habitação que os acompanha em implantação de lotes urbanizados. A Prefeitura entra com lotes urbanizados num sistema de parceria com o proprietário, e eles estão construindo a sua própria casa, é a autoconstrução, ou antigamente se chamava de mutirão, mutirão familiar.

Então as pessoas entram e aí ela tem que economizar, então [...] uma forma de ajudar na economia dessas pessoas é está fornecendo esse material a baixo custo.

[...] o mercado você pega por volta de R\$ 28,00 o metro de areia, nós vendemos a R\$ 15,00. O mercado cobra R\$26,00/R\$ 27,00 o metro de pedra, nós vendemos a R\$ 12,00 [ENTREVISTADO A2].

Segundo esse último entrevistado, o material reciclado tem uma boa aceitação no mercado e existe um grande interesse da comunidade em adquiri-lo. No ato da compra, o consumidor assina um documento de compromisso quanto ao uso e aplicação desse material.

[...] Esse material, ele é utilizado não para obras de sustentação, não para vigas, não para pilares, isso nós fazemos questão da pessoa assinar esse compromisso. Porque elas usam apenas em contrapiso, em assentamento de piso, assentamento de [...] de ladrilhos. Sem função estrutural. Ele é funcional desde que ele seja [...] a pessoa planeja a hora que ela vai precisar, por exemplo, não adianta ela pedir areia na hora que ela está fazendo as lajes, as vigas e os pilares, que ela vai deixar, ela vai ficar [...] o material lá parado sem usar. Ela não vai usar aquele material, ela tem que pedir na hora que ela estiver fazendo o contrapiso, na hora que ela estiver fazendo o assentamento de determinada [...] de tijolos ou algo parecido, entendeu então, a hora que estiver fazendo baldrame, por exemplo, dá para usar com pedra tal, ela tem que usar na hora que ela tem que pedir na hora que ele então por isso ela [...] O problema é o seguinte, tem uma fila de pessoas, então as pessoas já se preparam, vou precisar desse produto mês que vem, então a gente já [...] já programa mês que vem. [...] Já tem gente na frente comprando, então, a gente vai programando, a hora que outra pessoa falar que precisa para o mês que vem para tal dia, fala, não posso [...] só posso para tal dia, porque o dia que você pediu já tem gente na frente [ENTREVISTADO A2].

Além das autoconstruções (Figuras FA13 e FA14, página 62), foram observados e identificados outros consumidores que utilizam os reciclados, dentre eles:

- lojas comerciais, como floricultura, que utiliza em seus pátios (Figuras FA15 e FA16, página 62);
- proprietários de sítios e chácaras que os utilizam nos acessos;
- condomínios;
- a municipalidade.

[...] esse material é vendido normalmente, a pedra, a areia, pedrisco, é para o construtor: pequeno construtor, que é aquela pessoa que está construindo a própria casa. [...] a pedra maior, ela é normalmente [...] ela não é usada para construção, que é uma pedra grande, mas ela pode ser utilizada ou pela Prefeitura ou pelas construtoras que tão fazendo asfalto na cidade, também fazer base de asfalto ou fazer drenagem, fazer drenos [ENTREVISTADO A1].

Os operadores da usina representam um número pequeno de trabalhadores. Em 2002, ela contava com três homens: um operador do triturador, um operador da pá carregadeira e um operador que seleciona material. Existe também um coordenador, que é responsável pelas questões administrativas da usina.

Com a usina, eliminou-se a possibilidade de surgirem bota-foras na cidade, como relata o entrevistado *A1*, a seguir. Existem oito caçambeiros que fornecem a matéria-prima à usina, estando dois deles se capacitando, com o objetivo de se instalarem em um Centro de Triagem, que possibilitaria outra fonte de geração de emprego.

[...] acho que a gente melhorou muito de 97 pra cá, a gente conseguiu fechar muito bota-fora irregular, conseguiu apertar bem a [...] a correia aí, dos caçambeiros. [...] Ah! mas existia para todo lado. [...] Qualquer beira de estrada tinha um bota-fora.

[...] Fomos cortando [...] fomos cortando, fomos multando, fomos pegando, fomos regulamentando, fomos chegando junto [...] e fomos fechando, fechando junto com a Polícia Florestal, e aí o último que tinha aqui que era uma cerâmica, fechou [ENTREVISTADO A1].

g) Figuras: usina de reciclagem A



Figura FA1 Caminhão poliguindaste descarregando RCD.



Figura FA2 Matéria-prima : resíduo composto de concreto, vegetação e terra.



Figura FA3 Vista frontal do alimentador do britador apoiado em estrutura metálica.



Figura FA4 Equipamentos : britador, separador magnético e transportador.



Figura FA5 Vista lateral do alimentador, britador e transportador de correia.



Figura FA6 Eletroimã posicionado acima da correia transportadora.



Figura FA7 Saída do material britado.



Figura FA8 Guia em concreto para locomoção do transportador de correia.



Figura FA9 Peneira apoiada em alvenaria.



Figura FA10 Classificação dos agregados e suas baias.



Figura FA11 Produção : “bica corrida”.

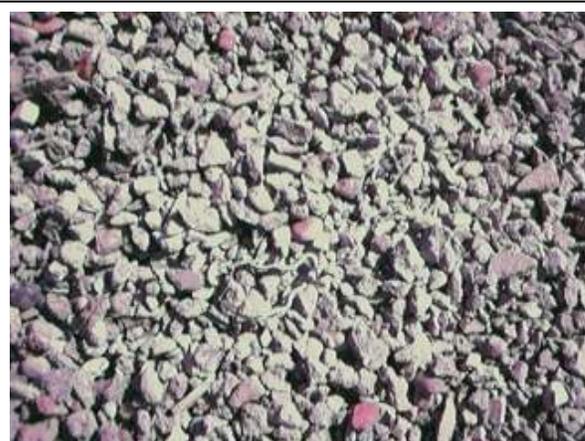


Figura FA12 Agregados reciclados produzidos pela usina.



Figura FA13 Consumidor : agregado reciclado utilizado em autoconstrução.

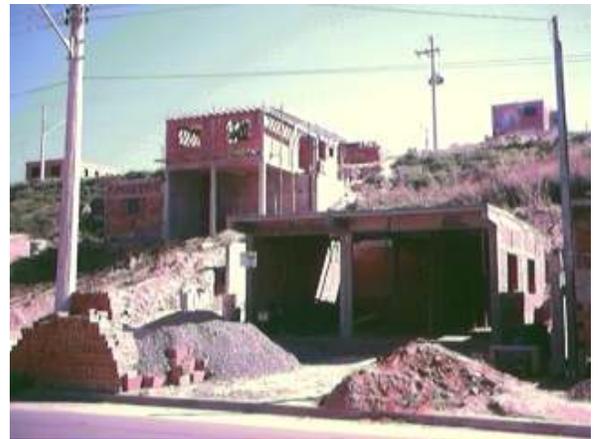


Figura FA14 Aplicação : uso do reciclado na execução do contrapiso.



Figura FA15 Aplicação : uso agregado reciclado em área externa.



Figura FA16 Pátio externo de uma floricultura.

7.2 Usina de Reciclagem: B

A investigação nessa usina desenvolveu-se em duas etapas, no segundo semestre de 2004. Na primeira, os dados foram coletados no departamento de limpeza pública do município; na segunda, a coleta de dados foi realizada na usina de reciclagem. As etapas foram cumpridas por meio de entrevistas e complementadas com consultas à legislação e normas técnicas.

7.2.1 Primeira Etapa: entrevista no departamento de limpeza pública municipal

A investigação consistiu de uma entrevista concedida pelo engenheiro coordenador do departamento de limpeza, experiente em tratamentos de resíduos sólidos e especialista em RCD, nomeado entrevistado *B1*. O pesquisador orientou-se pelo roteiro de entrevista (Apêndice A) que permitiu abordar aspectos referentes à gestão dos RCD, possibilitando a construção dos tópicos apresentados a seguir.

a) Política municipal da cidade em relação à gestão de resíduos da construção

Em 2002, o departamento de limpeza iniciou uma parceria envolvendo o poder público, a prefeitura e a iniciativa privada, com o objetivo de traçar uma nova política pública de gestão sustentável de entulho, visando ao consumo dos agregados reciclados pelo município e à criação de áreas para recebimento e tratamento do RCD. Trata-se de áreas privadas de transbordo e triagem, denominadas ATT, e de áreas públicas para a recepção gratuita de pequenos volumes, denominadas Eco-pontos. Segundo o entrevistado, o sucesso dessa nova política está na capacidade de cada agente envolvido assumir sua responsabilidade.

[..] ATT são iniciais de Área de Transbordo e Triagem de entulho, é um equipamento, que pode ser público ou privado, que foi reconhecido e está sendo incentivado através do decreto 42.217 de 2002, então esses transbordos, na verdade são ATTs públicas, mas são ATTs públicas que são oferecidas única e exclusivamente aos caçambeiros cadastrados e gratuitamente. O outro objetivo dessa licitação é acabar com essas ATTs públicas com desenho que hoje existe ao redor dela que é o seguinte:

Se pensa corretamente que é melhor oferecer uma área pública, uma espécie de cenoura para atrair burrico, para esses caçambeiros cadastrados do que tirar o entulho da rua, de fato isso é verdadeiro porque isso é eficiente. Eficiente no sentido que o limite de recebimento, contratual de recebimento dos transbordos que é 1.250 toneladas dias cada um, em meio de uma hora já tá completo, ou seja, até inferior a demanda existente [ENTREVISTADO B1].

Essa política municipal oferece oportunidade de novos negócios, com o aproveitamento dos resíduos das atividades construtivas, e a reciclagem deverá ficar a cargo da iniciativa privada.

Assim, cabe à prefeitura garantir os meios necessários para o desenvolvimento desse novo mercado, por meio de legislação que regulamente procedimentos técnicos e normas.

Desde 2001, o município vem implantando o Plano de Gestão Sustentável, tendo como meta assumir a gestão sustentável, realizando ações como o descarte correto do RCD, a organização de atores e fluxos e o incentivo da redução de resíduos pela reciclagem. Nesse sentido, foram traçadas as seguintes diretrizes:

- Facilitar o descarte de resíduos da construção civil e volumosos, por meio de Rede de Estações de Entrega Voluntária de Materiais Inservíveis, existentes em pequenas áreas livres do município. Essas áreas públicas recebem reduzidas quantidades provenientes de RCD de pequenas obras. São pontos de entrega de pequenos volumes (até 1 metro cúbico por dia para cada pessoa) que estão sob a responsabilidade do serviço público de coleta – os Eco-pontos. A prefeitura permite os descartes dos resíduos da construção classe A, podas e material reciclável, mas não são aceitos material orgânico domiciliar, resíduos de serviço de saúde e lixo industrial.
- Disciplinar atores e fluxos de resíduos, utilizando-se de instrumentos legais: leis que obrigam o licenciamento de empresas transportadoras de entulho e a correta utilização de caçambas em vias públicas; leis que dispõem sobre a responsabilidade do gerador e transportador do entulho por sua destinação; e leis sobre procedimentos de licenciamento e operação de áreas privadas de transbordo e triagem de resíduos da construção.
- Reaproveitar o entulho pelas ações realizadas pelo município na produção de agregados reciclados. A prefeitura está aplicando esse agregado baseada em normas técnicas para uso do reciclado em pavimentação, utilizando o poder de compra municipal para estimular e fomentar o uso do reciclado.

Como exemplo de ação municipal que vem sendo praticada, destacam-se dois fatos: o cadastramento obrigatório dos caçambeiros e as providências para incentivo à criação de ATT, por meio de licitação, que tem como objetivo eliminar o formato das ATT públicas atuais.

O problema que, com a existência dessas ATTs públicas, elas não incentivam as ATTs privadas. Existem ATTs privadas hoje em funcionamento, mas como o poder público não cobra nada para receber o entulho, a privada não tem como concorrer. É por essa razão que está previsto na licitação dos três novos aterros que os caçambeiros eles poderão usar também esses novos aterros. Mas, ao contrário do que ocorre hoje, eles vão negociar diretamente com o operador desses aterros.

O operador do aterro que vai receber o entulho proveniente da coleta que foi depositada irregularmente em áreas de domínio público, o operador vai poder receber entulho privado também só que o transportado vai negociar e vai pagar diretamente para seu operador. A prefeitura não será intermediária, e não vai subsidiar essa atividade. Não tem sentido subsidiar essa atividade, porque já tá provado que existe interesse econômico para se levantar isso daí. [ENTREVISTADO B1].

Apesar de todas as iniciativas realizadas, o município ainda não tem uma política pública consolidada na forma da lei:

[...] já existe um esboço que são 12 volumes de diagnósticos e proposições consolidadas na forma de lei. Afinal foram 12 anos de ausência de Política Pública de Gestão Lixo. Pretende-se que isto seja consolidado em forma de lei, esperando chegar até dezembro com uma política pública. Sabe-se o que fazer, já estamos implantando, queremos fazer um código juntar tudo que estão esparsas ATT, responsabilização de gerador de outro lado, decreto de caçamba [...] [ENTREVISTADO B1].

Existe a preocupação da prefeitura em fazer a integração legal e política da comunidade.

É necessário introduzir na rotina das pessoas, como esclarecer dúvidas sobre os Eco-pontos. É uma cadeia de responsabilidade onde o gerador contrata o caçambeiro este entrega uma via de Comprovação de Transporte de Resíduos, a segunda via fica com transportador e a terceira é encaminhada ao operador da área de destinação do entulho. [ENTREVISTADO B1].

E mais:

[...] o objetivo fundamental é introduzir nas rotinas das pessoas esses conceitos. A prefeitura [...] dá as informações básicas sobre Eco-pontos e ATTs e qual é o papel do cidadão? [...] simplesmente contratar [ENTREVISTADO B1].

De forma geral, no município onde está situada a usina *B*, podem-se citar duas ações importantes com o intuito de fomentar o mercado da reciclagem: a da Caixa Econômica Federal (CEF) e da empresa Eucatex. Em 2002, a CEF lançou financiamento para municípios e entes privados com interesse em comprar equipamentos para reciclagem de resíduos da construção. A Eucatex desenvolveu um projeto para utilização do resíduo proveniente da madeira usada na construção, aplicando-o na geração de energia, pois a madeira corresponde a um volume de 10% do material que é depositado em uma caçamba, o equivalente a 4.000 m³/dia no município.

b) Parceiros para implementação da política pública

Podem-se distinguir dois tipos de parcerias: as institucionais e as privadas. As parcerias institucionais são constituídas pelos municípios, Estados e União. Os municípios praticam a parceria quando oferecem à população a deposição regular e adequada do entulho; o Estado, quando identifica o problema de má gestão, pela fiscalização, e toma providências elaborando normas técnicas; a União pratica a parceria ao elaborar uma política nacional para entulho, a exemplo da resolução do Conama.

Os parceiros privados são lojas de materiais de construção, que divulgam o programa do Eco-ponto, já que os geradores de entulho são aqueles que compram material de construção. E os sindicatos ligados ao setor de construção civil divulgam a seus associados a responsabilidade de cada um na cadeia produtiva.

7.2.2 Segunda etapa: visita à Usina B

No momento da visita à usina, o equipamento de reciclagem estava em manutenção; assim, não foi possível observar a recicladora operando. Estavam em exposição, porém, os estoques de matéria-prima e os reciclados produzidos pela usina, bem como o acesso a toda área da recicladora. Esse fato permitiu a investigação, que foi monitorada por um engenheiro especializado em resíduos sólidos denominado entrevistado *B2*.

Os tópicos apresentados adiante seguem a estrutura do roteiro das entrevistas das usinas de reciclagem (Apêndice A) e foram elaborados a partir de dados coletados na visita à usina e complementados por dados fornecidos pelo entrevistado *B1*.

a) Dados gerais

Essa usina de reciclagem está situada em uma zona urbana, como pode ser observado na Figura FB1 (Figura FB1, página 73); em seu entorno encontram-se as residências populares do bairro. Trata-se de uma antiga pedreira (Figura FB2, página 73), pertencente a uma família, cuja área sofre reconformação topográfica pelo preenchimento da cava com resíduos inertes. Foram utilizados estudos ambientais, com monitoramento geotécnico, da qualidade das águas subterrâneas, nos quais concluiu-se que o potencial poluidor é mínimo, ou seja, a possibilidade de causar poluição é mínima. A área funciona como aterro, e nela os RCD são lançados e compactados, ampliando a vida útil do aterro. A Figura FB3 (Figura FB3, página 73) mostra a cava da pedreira aterrada com os resíduos classe A das atividades construtivas.

Era uma pedreira antiga. Essa pedreira eles tomam a área e costuma ser reaproveitada. Então tão aterrando a área todinha, enorme, desde 23 de outubro de 99 começou. [ENTREVISTADO B2].

Considerada uma usina de grande porte, suas instalações (equipamentos e maquinários) são móveis, podem ser desmontadas e transportadas para outra localidade (Figura FB6, página 74). A área de ocupação é extensa e isso possibilita o uso de vários pátios para estocagem e armazenamento de material, conforme ilustração da Figura FB8 (Figura FB8, página 74). A usina recebe, diariamente, grande quantidade de RCD, e sua capacidade de recebimento de resíduos está em torno de 900 toneladas por dia.

A Figura 7.2 apresenta a disposição dos equipamentos e máquinas da usina B (*layout*), em que:

1. Portaria com segurança: entrada e saídas de veículos
2. Inspeção e identificação da matéria-prima
3. Administração
4. Aterro: RCD encaminhados a cava
5. Pátio superior: descarga
6. Acesso coberto para o alimentador
7. Alimentador vibratório
8. Britador de impacto
9. Peneira em manutenção
10. Transportadores de correia em manutenção
11. Estoque dos agregados reciclados
12. Cabine de comando: monitoramento do conjunto

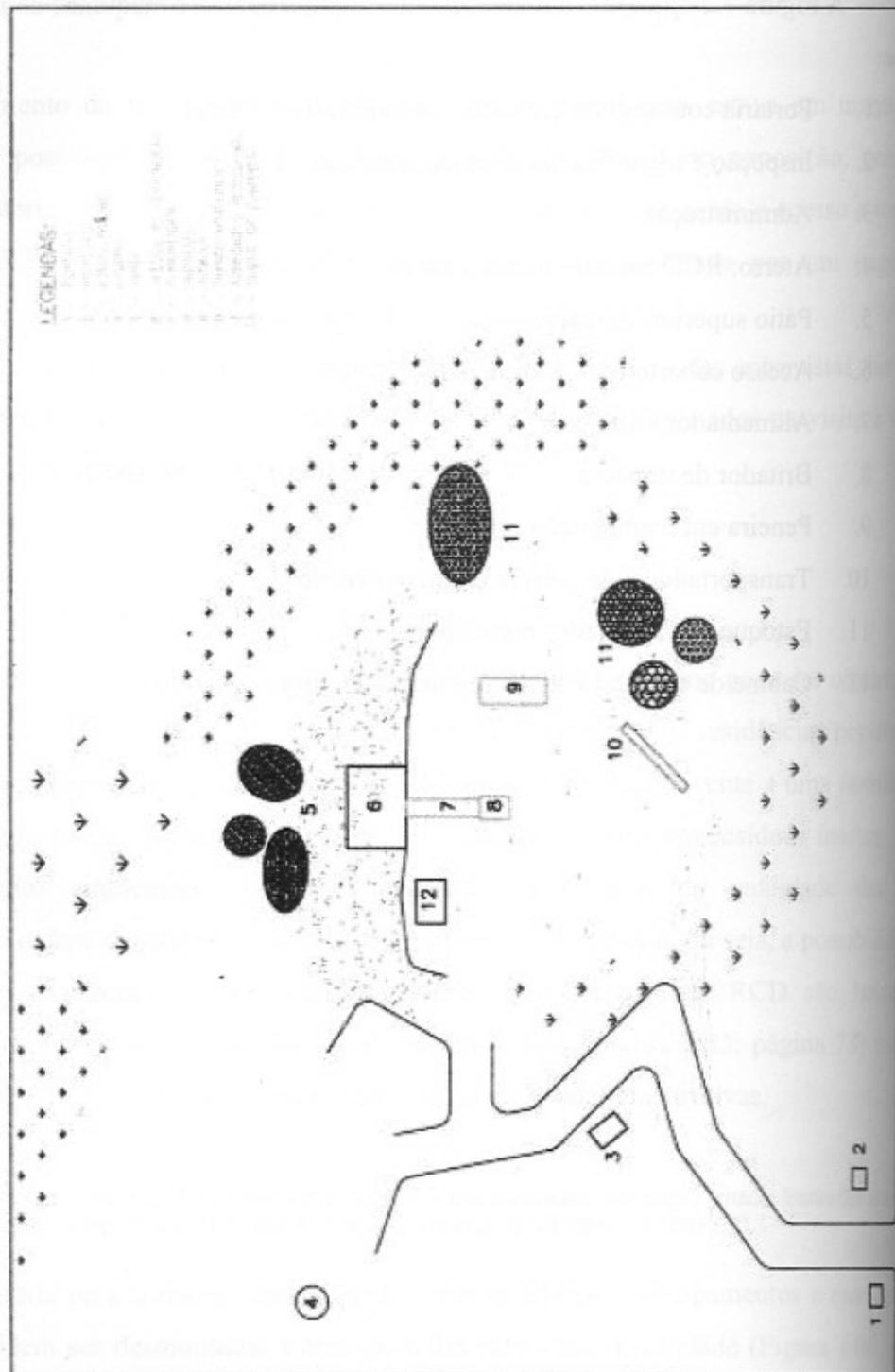


Figura 7.2- Layout – Usina B

b) Aspectos legais e efeitos da gestão municipal

A usina é administrada pelo município e foi reformada pela gestão atual (2002), a partir da decisão de não mais produzir asfalto, desativar a instalação responsável por esse serviço e terceirizá-lo. O depoimento do departamento de limpeza, a respeito dos equipamentos, apresentado a seguir, ilustra esse importante fato.

A história recente dela dentro da prefeitura é a seguinte: esse equipamento pertencia a uma outra secretaria chamada secretaria da subprefeitura. Dentro dessa secretaria existia uma superintendência que se chamava usina de asfalto, eles originalmente foram responsáveis pela aquisição deste equipamento [...] na gestão passada se tinha o objetivo de usar este material como sub-base de pavimentação, quem produzia os asfaltos eram as usinas de asfalto. Então, nada mais natural que eles operassem esse equipamento. Em 2002 uma nova diretriz foi estabelecida para o asfalto, isso determinou que todo esse processo de fabricação de asfalto ia ser fechado dentro da prefeitura, ia ser terceirizado. Teria que comprar asfalto em vez de produzir o asfalto. Isso significou o abandono desse equipamento por parte dessa superintendência da usina de asfalto. Eles falaram: não queremos mais porque, já que não vamos produzir asfalto, por que agente vai ficar quebrando a cabeça para operar esses equipamentos? [...] (isso na gestão atual).

Como a secretaria de obras, ela já tinha implantado plano de gestão sustentável de entulho, dentro desse plano, a reciclagem, o incentivo a reciclagem de entulho era muito importante. É uma das diretrizes do plano, e como equipamento ele tem que está operando para servir de vitrine e para que a iniciativa privada veja e se interesse, então nós falamos, a secretaria de obras disse: queremos manter esse equipamento funcionando. Até 2002 esse equipamento tinha um suporte contratual, a Nortear, Arthur Bernardo, um dos diretores, ele por meio de uma ata de registro de preços, operavam esse equipamento através da secretaria da subprefeitura. Em dezembro de 2002 acabou esse contrato e não foi renovado porque eles estavam passando esse equipamento para secretaria de obras. Isso significou que em 2003 e até hoje esse equipamento vem sendo operado precariamente pela prefeitura, com mão-de-obra direta sem nenhum suporte contratual, de forma precária, ou seja, quebrou uma bateria tem que comprar a bateria enquanto não compra a bateria, que é um processo demorado, você não tem como fazer esse equipamento funcionar. Acabou graxa tem que pedir emprestado para alguma subprefeitura, pá carregadeira tem que negociar, então durante 2003 e 2004 esse equipamento operou de uma forma muito precária. Inclusive até hoje, com a perspectiva de ter um contrato dando suporte a ele para operar de acordo, esse contrato ele está previsto em uma licitação que está em andamento, ora suspensão, suspensa por questão de contas, mas não cancelada, de contratação de três novos aterros situados na cidade. Um desses aterros ele vai, além de operar o aterro vai operar a recicladora. [ENTREVISTADO B1].

c) Matéria-prima

A cidade onde está situada a usina possui estações de transbordos que recebem os RCD, encaminhados pelos geradores, por meio de caçambas. Esse material passa por segregação e os rejeitos são encaminhados para um aterro sanitário. O material que não for considerado rejeito é transportado até a área da antiga pedreira, onde está localizada a recicladora. Ao chegar a essa área, se tiver potencial para ser reciclado, o material será destinado à usina; caso contrário, será conduzido até a cava.

Existem duas estações de transporte uma na região oeste e outra na região sul. Nestas estações só descarregam caçambinhas de caixas de entulho, não descarregam caminhões. Nestas estações existem uns serviços de separação de material, o que não é entulho chamamos de rejeito. O rejeito da estação ele é encaminhado para aterros sanitários ou Bandeirantes ou São José, dois aterros na cidade. E o entulho vem em caminhões como você acabou de ver, aqueles caminhões grandes trazendo para cá. Este caminhão que a gente está vendo aqui é da regional caminhão coletado da prefeitura.

É o fluxo da caçamba particular, a caçamba pode ir pelas estações de transbordo ou vem para cá direto. Pode ser descarregado aqui e também na caçamba.

A caçamba, se ela tem um material bom, para a recicladora ela não é pesada, o material vai direto para a recicladora, e se o material é ruim ele vai para o aterro, aí é pesado, o material que vem das estações de transbordo, ele pode ser ou não pesado aqui, ou ser pesado na própria estação de transbordo. Aí é criado um protocolo que passa na balança só pra checar o protocolo. Existe também um material, que vem, que é coletado pela prefeitura nos contratos de limpeza pública o entulho limpo. O entulho limpo, entulho da coleta mecanizada vem pra cá, esse também é um deles [ENTREVISTADO B2].

Os caminhões carregados de resíduos, ao chegarem à usina, apresentam documentação e recebem orientação para descarga. Os resíduos são provenientes não só de estações de transbordo, mas também de obras públicas, como demolição de calçadas, sarjetas e praças. Ao serem liberados para a recicladora, os resíduos são despejados no pátio de descarga; em seguida, passam por uma inspeção visual. Depois de limpos, dá-se início ao processo de reciclagem.

Coleta mecanizada de entulho, é despejado na rua a prefeitura tem que limpar, então vai uma máquina [...] mas é uma máquina que pega o entulho, põem dentro do caminhão e é trazido pra cá. Mas é um entulho limpo, o entulho sujo é o da coleta manual esse vai para aterro sanitário, a mecanizada vem pra cá [ENTREVISTADO B2].

Observou-se nos estoques (Figura FB7, página 74) que, na composição da matéria-prima, predomina o concreto, com presença mínima de material cerâmico.

Você vai ver a montanha ali, você vê pouca coloração ou material cerâmico[ENTREVISTADO B2].

d) Processo de reciclagem

As etapas do processo de produção apresentadas nesse tópico foram relatadas pelo entrevistado B2, pois, como já mencionado, a usina estava em manutenção.

Existe um pátio superior onde se localiza o estoque da matéria-prima e a alimentação do britador (Figura FB1, página 73).

Era uma pedra. O material é descarregado no pátio superior, onde é feita a alimentação da máquina. [ENTREVISTADO B2].

A matéria-prima é transportada pela pá carregadeira até o alimentador vibratório, que a deposita na câmara de britagem, transformando-a em fragmentos. Na sequência, esses fragmentos passam por separadores magnéticos e são conduzidos pelos transportadores de correias para a produção de “bica-corrída” ou para a etapa de peneiramento, produzindo agregados reciclados em diversas granulometrias.

[...] E o material, como eu falei para você, é descarregado no pátio superior. É colocado no chão movediço que encaminha o material para dentro do triturador especificamente, que é um triturador de martelo, o material triturado cai naquela peneira [...] Mas acho que estão fazendo só material que nós aqui no Brasil chamamos de bica-corrída é uma material com granulometria variada. Mas a gente procura evitar material mais fraco como alvenaria, bloco de concreto sim, mas alvenaria de cerâmica evita-se colocar. Você vai ver a montanha ali, você vê pouca coloração ou material cerâmico. O material decerto está saindo em granulometria única. Agora essas esteiras elas podem ser desviadas para cá e cair nesse grupo de peneiramento onde você pode ter material maior, equivalente a pedra quatro quase um rachão

[...] Aquela caçamba tem um eletroímã para separa metal, material de construção. Se você não mexer nada, é o que chamamos de bica corrida, o material misturado, pouco maior, não tem uma granulometria definida, bem misturado é um material bom pra pavimento, para camada final de pavimentação. [...] tem uma tela estocada para carregar [...] Esta última esteira, final aqui, pode ser desviada para o grupo de peneiramento ou não, ela pode ficar como está ali, você tem o material como falei de granulometria variada que é bom pra pavimentar rua de terra, pra você fazer um reforço em cima de uma camada [...] em ruas distantes em zonas quase que rural, ou mesmo até para usar como base de pavimentação. [...] Houve um peneiramento, foi feito peneiramento de material de granulometria maior que é aquele. Aqui você tem material de granulometria menor, mas já definido similar a um pedrisco. [...] É no peneiramento que esse material cerâmico mais fino você consegue separar, no peneiramento. Aquele lá é um material processado sem peneiramento. [...] A manutenção a prefeitura tem dificuldade pela própria característica da máquina pública, processo de compra é lento etc. Às vezes acontece dessa máquina ficar parada um ou dois meses. [...] O alimentador é aquela esteira maior mesmo [...] que pode usar para fragmentar, aqui é um simples peneiramento, uma série de peneiras que vai separando o material conforme a granulometria, então o material mais pesado sai nessa bica aqui, o mais pesado não o material maior, sai nessa bica, aqui sai o material já mais fino. Conforme o peneiramento que você tem aqui dentro desse conjunto você faz a separação. [ENTREVISTADO B2].

No pátio inferior encontram-se geradores, equipamentos, maquinários e o pilhamento dos agregados, que podem ser observados no *layout* (Figura 7.2).

Esse é um grupo gerador, todos os motores das máquinas são motores elétricos, então esse é uma unidade geradora e só mais nada [ENTREVISTADO B2].

O consumo de água para o funcionamento de todo esse conjunto está estimado em 200 m³/mês, e o consumo de energia elétrica está em torno de 149,1 kWh para a fabricação de “bica corrida” e 168,5 kWh para a fabricação de agregado peneirado.

O conjunto de equipamentos é um sistema composto basicamente de cinco partes: carreta do conjunto de britagem primária (Figura FB5, página 74), transportadores de correia, separadores eletromagnéticos de metais, carreta do peneiramento e carreta de força e comando. Há necessidade de equipamentos complementares, dentre eles: caminhões basculantes com capacidade de 12 metros cúbicos para transportar os reciclados produzidos; pá carregadeira do tipo W20, 1,9 metros cúbicos, para o fornecimento de matéria-prima para o alimentador vibratório (Figura FB4, página 73) e para carregamento dos caminhões basculantes com o material reciclado; compressor Atlas Copco XA 120 e rompedor TEX 32; e cabina primária simplificada para 500 KVA.

Os equipamentos mecânicos utilizados na produção de resíduos pela usina encontram-se detalhados no Apêndice B.

Não sou técnico da área, talvez fale até os termos incorretos. Mas é um grande equipamento, capacidade média de 100 toneladas/hora de produção, ele é composto de um grande britador martelo [...] grandes peças de entulhos, são descarregados na parte superior, na alimentação. A pá carregadeira empurra grandes quantidades de materiais para esse britador. Esse material é quebrado em pedaços menores e cai numa esteira rolante e passa por um eletroímã, separando todo material ferroso do que vai vir a ser bica corrida, isso é uma linha de produção. A outra linha é uma outra esteira, aliás, mesma esteira desviada é da bica - corrida ela vai para outro conjunto de peneira que produz mais cinco subprodutos diferentes e que variam de

acordo com a granulometria. Um conjunto de peneiras vibratórias, então depois o material cai na mesma esteira e aí separa por tamanho [ENTREVISTADO B1].

e) Produto

Os produtos estão caracterizados em faixas granulométricas: areia (pó de pedra), brita 0, brita 1, brita 2, brita 3, rachão (bica corrida).

Rachão são pedras grandes muito grandes, pedra 4 é uma pedra no Brasil que se usa, é mais ou menos aquilo ali é uma intermediária mais pra pedra 4 que rachão. No Brasil, a gente chama esse material de: pedrisco? nem pedrisco, é um pó de pedra [...] é um material da recicladora também, mas o material virgem a gente chama de pó de pedra [...] Materiais deste tipo chamamos de pedrisco, algo de granulometria próxima a isso, e à medida que vai crescendo chamamos de pedra 1, 2, 3, 4, depois de 4 chamamos de pedra rachão [ENTREVISTADO B2].

A aplicação dos materiais reciclados é, de maneira geral, encaminhada para a prefeitura, que geralmente utiliza como base e sub-base para pavimentação. Não se tem registro de sua utilização com outras finalidades.

A capacidade nominal do equipamento é de 120 toneladas por hora de “bica corrida” e 80 toneladas/hora de material peneirado.

Estima-se a utilização de 85% do tempo do equipamento para a produção de “bica corrida” (102 toneladas/hora de bica corrida) e de 15% do tempo do equipamento para a produção de material peneirado (12 toneladas/hora). A capacidade nominal do equipamento chegaria a 114 toneladas/hora para um fator de produtividade de 80%, e a previsão seria de uma produção horária de 91,2 toneladas. Dessa forma, pode-se admitir uma produção média mensal adotada de 16.200 toneladas por mês.

f) Atores sociais

Durante a visita, observou-se que a recicladora é coordenada por um engenheiro, possui um operador de máquina e auxiliares, mão-de-obra indireta (sem nenhum contrato).

Segundo o departamento de limpeza, a usina está organizada para funcionar com o número de 15 pessoas:

- 8 selecionadores ao longo da esteira;
- 1 encarregado;
- 2 auxiliares de operação;
- 1 operador de britagem (alimentador);
- 2 operadores de pá carregadeira;
- 1 técnico de manutenção.

[...] Vamos lá, nós previmos 2 auxiliares de operação, um operador de britagem, 2 operadores de pá carregadeira, 8 selecionadores para estarem ao longo das esquinas, e 25% do uso de uns técnicos de manutenção, não precisa estar 8 horas por dia, e o encarregado, é isso que nós previmos [ENTREVISTADO B1].

O consumidor dos agregados reciclados produzidos pela usina é a prefeitura, pois o material produzido não está disponível para venda no mercado da construção civil.

Os fornecedores são os caçambeiros cadastrados na prefeitura descarregam gratuitamente o RCD.

Quem usa esse material dentro da prefeitura hoje são as subprefeituras da região leste principalmente. Quando tem material, eles vão lá e buscam principalmente bica-corrída para fazer cascalhamento de ruas. [ENTREVISTADO B1].

g) Figuras: usina de reciclagem B

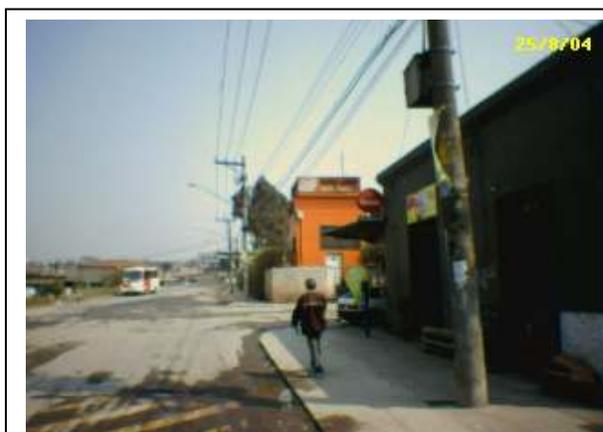


Figura FB1 Entorno da usina de reciclagem.



Figura FB2. Usina instalada em uma antiga pedreira.



Figura FB3. Vista lateral do alimentador do britador



Figura FB4 Equipamento: alimentador do britador.



Figura FB5 Equipamentos: britador e transportadores de correia.



Figura FB6 Equipamento desmontado : transportador de correia.



Figura FB7 Detalhe do Transportador.



Figura FB8 Pátio de estoque do material reciclado.

7.3 Usina de Reciclagem: C

Nessa usina, foram realizadas duas visitas; na primeira delas, o pesquisador foi recepcionado pelo proprietário – que será identificado por entrevistado *C1*. Durante a visita, a usina operava apenas como transbordo, pois os equipamentos destinados ao processo de reciclagem estavam em manutenção. Na segunda visita, a usina estava funcionando normalmente e o entrevistado foi o responsável técnico, aqui designado como entrevistado *C2*.

As visitas possibilitaram o registro de dois momentos diferentes no cotidiano da usina. O primeiro refere-se ao equipamento em manutenção; nessa circunstância, a dinâmica da usina é outra, as atenções são voltadas para o recebimento transitório dos resíduos, que tinham uma destinação final nos acessos internos de outros transbordos ou em aterros. O segundo momento diz respeito à usina em plena operação, reciclando os RCD.

As entrevistas e observações *in loco* forneceram dados registrados nos tópicos a seguir.

a) Dados gerais:

A usina de reciclagem *C* é uma empresa privada e está localizada em zona urbana, sendo cercada por uma vizinhança industrial. A usina possui via de acesso fácil, pois se encontra a poucos metros de rodovias importantes. A área de ocupação é de pequeno porte e em seu entorno encontram-se, além de indústrias, torre de transmissão de energia e um rio poluído.

Além disso, a usina possui instalações móveis; no momento, encontra-se organizada de forma lógica, sendo os materiais estocados em áreas preestabelecidas, em contêineres e no barracão, apresentados no layout na Figura 7.3. O abastecimento de água vem direto da rua (água de rede), não existem grandes reservatórios e o abastecimento de energia é de regime trifásico.

As áreas de estocagem servem para armazenar diversos tipos de resíduos recebidos e vários tipos de agregados produzidos. Essas áreas ficam a céu aberto (Figuras FC4 e FC5, página 89) – sendo necessário cobrir esses materiais com capa plástica quando chove – e apresentam drenagem natural em razão da declividade do terreno (Figura FC2, página 88). Assim, a usina possui uma infra-estrutura simples e está organizada em áreas de estocagem, triagem e segregação e equipamentos; todos esses elementos estão delimitados naturalmente, conforme layout (Figura 7.3).

Quanto ao impacto ambiental e às instalações para a proteção acústica da área, não houve necessidade de tanto rigor, pois a usina está localizada em uma zona industrial com atividades que produzem ruídos de natureza semelhante.

A Figura 7.3, layout da usina C, mostra a disposição dos equipamentos:

1. Entrada e saída de veículos: rampa de acesso aos pátios.
2. Descarga dos RCD (Figura FC3, página 89).
3. Área de transbordo e triagem.
4. Calha metálica: alimentação do britador.
5. Britador de mandíbulas.
6. Transportador de correia.
7. Caixa de distribuição.
8. Peneiras: classificação granulométrica dos agregados reciclados.
9. Baias: os agregados saem da peneira e são depositados nas baias.
10. Estocagem dos agregados reciclados.
11. Administração e controle de entrada e saída de veículos.
12. Depósito dos materiais segregados e acondicionados destinados a comercialização.
13. Contêineres para depósito dos materiais não utilizados na reciclagem.

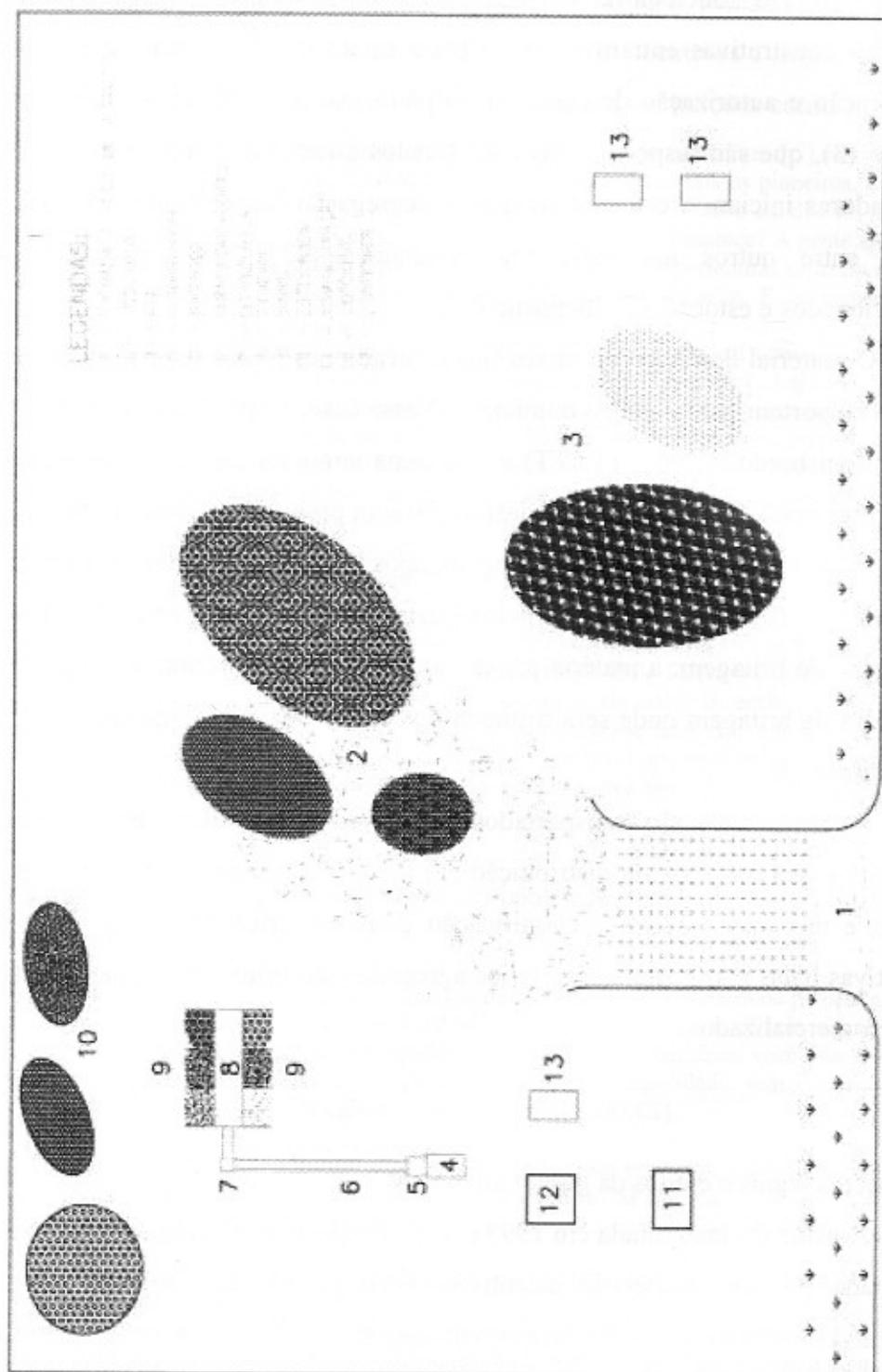


Figura 7.3 - Layout da usina C

A usina C funciona da seguinte forma: os caminhões carregados com os resíduos das atividades construtivas entram na usina (1) e estacionam em frente à administração (11) para identificação e autorização de descarga no pátio. Ao descarregarem, formam vários montes de resíduos (3), que são inspecionados e destinados à reciclagem ou ao aterro. Posteriormente, os trabalhadores iniciam a etapa de triagem e segregação, depositando madeira, papéis, plásticos, vidros, entre outros materiais, em contêineres (13). Esses materiais são devidamente acondicionados e estocados no depósito (12).

O material destinado ao aterro fica estocado por pouco tempo, aguardando os caminhões que o transportam para o aterro municipal. Nesse caso, a operação realizada se caracteriza como área de transbordo e triagem (ATT) e armazena temporariamente os materiais segregados para posterior remoção, dando adequada destinação sem prejudicar o meio ambiente e a saúde pública.

Os resíduos destinados à reciclagem, após a etapa de triagem e segregação, passam a ser a matéria-prima (2), que é conduzida pela pá carregadeira e lançada na calha metálica (4). Inicia-se a operação de britagem: a matéria-prima na calha metálica inclinada, por gravidade, deposita-se na câmara de britagem onde será triturada por mandíbulas (5) e transformada em fragmentos de várias dimensões.

Os fragmentos são transportados por correias (6) à altura de dois metros e transferidos para uma caixa metálica de distribuição (7), que os lança na peneira (8). Esta, em movimento circular e uniforme, realiza a classificação granulométrica dos agregados reciclados em suas respectivas baias (9). Posteriormente, os agregados são retirados das baias e estocados (10), para serem comercializados.

b) Aspectos legais e efeitos da gestão municipal

A usina foi inaugurada em 1999 e a motivação para sua implantação veio das dificuldades enfrentadas por seu proprietário, incentivado pelas questões ambientais.

[...] Eu comecei aqui em 99. Eu gerenciei uma empresa 23 anos, e aí me aposentei e achei que era novo e para manter a família [...] Comprei um caminhão e um dia estava com meu filho e fui jogar uma caçamba no bota-fora, uma beirada de rio. Cheguei lá vi aquele absurdo [...] Sou uma pessoa que tem uma mente com uma preservação ambiental. Cheguei na minha casa e fiz uma reunião com meus próprios filhos: olha isso que agente faz não pode fazer. Aí comecei a fazer reunião com o grupo de caçambeiros [...] fazer primeiro uma conscientização e hoje, graças a Deus, São Paulo já está bem evoluído através destas idéias [ENTREVISTADO C1].

A usina não recebe subsídios nem benefícios de programas governamentais, mas, mesmo assim, contribui com a comunidade por meio de ações, como: incentivos a implantação de Eco-pontos, palestras em canteiro de obras, em diversas faculdades e instituições como SINDUSCON.

[...] Trabalho parecido com esses daqui são chamados os Eco-pontos que foram [...] iniciados após esse trabalho. Assim nesse trabalho que faz a britagem e a reciclagem nós somos os pioneiros, desde do início das atividades nós somos os pioneiros. A primeira empresa particular a britar o entulho no país. Particular mesmo [...] com recursos próprios [...] sem subsídios [...] Por que, o que acontece? A gente ajudou a montar algumas empresas desta em áreas públicas, prefeitura do interior, mas as prefeituras utilizam a mão-de-obra do próprio empregado, e parece que não vêm colhendo resultados satisfatórios. E, eu peguei [...] fiz tudo privado mesmo, busquei alternativas, apertava aqui, apertava ali [...]

[...] Sozinho, sozinho [...] eu e minha família [...] Aí, a gente foi, o pessoal começou a procurar, e aí começamos a formar grupos [...] depois disto o que aconteceu também? A gente [...] ajudei a formar em São Paulo os chamados Eco-pontos, aí foi onde Tarcísio nos deu uma assessoria [...] uma orientação [...] nós deu umas 2 assessorias gratuitas, para gente nesse sentido. E hoje nós estamos até nos grupos que dá aula em canteiro de obra. Estamos fazendo este estudo para que os materiais saiam da obra com tudo separado é [...] por que esse estudo? Porque o pessoal que trabalha na obra é um pessoal de pouca cultura, e a pouca cultura deles fazem com que eles joguem restos de comidas nas caçambas, misturam materiais que não devem e com isso aí foi mudando, mudando, e hoje nós temos várias pessoas, vários grupos de Eco-ponto que dá educação ambiental no próprio canteiro. E com isso nós estamos ganhando qualidade de vida e protegendo a natureza [...]

[...] daí aconteceu o que? Eu fiz duas matérias para a revista *Politécnica*. Eles vieram pedir para a gente, e aí a gente virou alvo do grupo que foram lá. Por quê? Por exemplo Belo Horizonte que é bem mais velho e maior, eu participei desde o início, com a engenheira Siumara lá, ela esteve lá, então ela falou, olha o que a gente faz lá [...] é público com recursos públicos agora você consegue fazer com a própria, o grupo, formar grupo [...] essa idéia aí é muito avançada por nosso nível [...] no nível que você trabalha [...] não no nível de engenharia, então, graças a Deus, fui bem [...] aí após aquilo teve um seminário no SINDUSCON [...] [ENTREVISTADO C1].

Como divulgação de seus produtos, existe a propaganda “boca a boca”, tanto para vendas de pequeno quanto de maior vulto.

A divulgação nossa, veja bem, é o seguinte. É um trabalho que a gente fala assim de parceiros. Qual seria o fundamento de uma bacia dessa? Veja bem, você tem um caminhãozinho, você tem as caçambinhas que você loca, então você chega lá você vai divulgando, vai passando, os parceiros: você está comprando, esta pedra nós temos ela lá pela metade do preço e com a mesma capacidade, tem o engenheiro que dá orientação como usar e assim vai divulgando [...] [ENTREVISTADO C1]

[...] esteve um negócio de 2 ou 3 meses atrás no SPTV que eles gravaram a parte do britador [...] eles gravaram, o rapaz, o repórter [...] passou na edição da noite no SPTV. Eles vieram gravar a parte dos britadores [...] Faz dois a três meses. Às vezes a gente sai nestas revistas de condomínio [ENTREVISTADO C2].

[...] Eu tenho no material comigo que eu trouxe para mostrar para o Aldo que eu tinha falado [...] eu mostrei para ele que tinha algumas coisas na revista, tenho foto do Sr Gentil em cima de uma caçamba explicando o trabalho [...] de vez em quando aparece uma modinha, muita gente vem [...] pessoal procurando para fazer alguma matéria [...] [ENTREVISTADO C2].

O entrevistado define sua planta como área de transbordo e triagem (ATT); a designação de triagem refere-se à etapa de recebimento dos resíduos e a de transbordo refere-se ao que não é reutilizado na usina, sendo encaminhado para o aterro.

[...] já tem o cadastro dele na LIMPURB e aqui também ele é cadastrado, por quê? Porque a gente só recebe aquela determinada quantia que dá para transportar de área. Por isso que a gente deu nome de área de aterro, quando chega, e transbordo, quando transporta já o material e a gente procura não deixar o material mais que dois dias aqui na bacia. [ENTREVISTADO C1]

Segundo os entrevistados, o departamento municipal de limpeza urbana apóia e incentiva a usina, dando informações e facilitando o processo burocrático para seu licenciamento.

[...] prefeitura está dando apoio moral [...] Incentivando. Criou [...] está dando prioridade a esse trabalho aqui fazendo logo o licenciamento e assim por diante [...] [ENTREVISTADO C1]

Quanto às parcerias, o proprietário relata que no início convidou os profissionais do ramo para fazer um trabalho em conjunto, mas não obteve sucesso. A partir dessa iniciativa, decidiu realizar o empreendimento com seus próprios recursos; procurou isoladamente criar parcerias entre poder público e privado, parcerias entre municípios conurbados e recursos para locação dos equipamentos. Seu empenho em criar e fortalecer seu negócio fez que ele chegasse ao meio acadêmico, sendo reconhecido pelo trabalho realizado com os RCD.

[...] Quando eu comecei a fazer isso aqui sozinho, os colegas falaram, você [...] vai fazer sopa [...] daí fundamos sindicato dos caçambeiros, comecei organizar o grupo fazendo reuniões, reuniões. Há 5 anos atrás, você tinha uma facilidade para descargas de entulho [...] você não jogava entulho no morro, você jogava dentro das valas, e essas valas, justamente, aonde? próximas aos rios, eu falava, ora daqui a uns tempos, vai acabar, além de está incorretamente trabalhando com isso, vai chegar um tempo que essas valas vão acabar, nós vamos ficar mais vulnerável a fiscalização, tudo isso vai acontecer. O pessoal não acreditava, não demorou um ano já começou, o colega “oh, meu caminhão foi preso pela policia florestal, como é que nós fazemos, eu quero um documento que eu joga ali pelo menos, e que eu hoje me perdi eu joga aqui”, eu falei olha para você jogar aqui você tem que participar das reuniões, ser consciente que você vai montar uma empresa para ser empresário, você tem uma empresa, se você tem uma empresa para jogar errado, jogar em lugar indeterminado que não é determinado por norma da prefeitura, vai acontecer isso. E foi indo. Hoje já está acontecendo tudo isso [...] eu falo que vai chegar um tempo, isso na primeira reunião do sindicato, vai chegar o tempo que a gente vai ter que alugar para uma construtora uma caçamba para entulho, uma caçamba para madeira e uma caçamba para plástico, já está acontecendo, tudo que a gente achava que era absurdo está acontecendo [...] daí eu fui fazer uma palestra numa faculdade no Tatuapé, me convidavam, mas eu não sou formado em nada, daí fui lá falei algumas coisas, daí foi interessante por que todo mundo queria saber alguma coisa a mais. Sabe, na realidade é um processo, então, [...] isso aí aconteceu lá no seminário em 2000, você veja bem o eu que não sou nada falo em um seminário, é difícil [...] [ENTREVISTADO C1].

[...] Então, e eu fui [...] que até o professor Tarcísio que organizou o seminário, e eu fui lá participar. Daí tinha um engenheiro da Holanda [...] e ele fez questão de visitar, aí veio de Uberaba, veio de Joinville, e toda semana tem um grupo que gosta, que quer vir vê o trabalho. A gente já foi convidado para implantar em Guarulhos, abriram um lá em Guarulhos. [ENTREVISTADO C1]

[...] lá não é municipal [...] é particular, mas, foi com a ajuda deles, não tem documento, fizeram lá e a prefeitura facilitou para eles porque precisavam ter pelo menos um início, a gente ajudou também. Eles querem uma dessa daqui que reutiliza o material, eles dependem desse material com menor custo. Guarulhos é um município grande e abrange área muito carente, então, vai indo assim [...] [ENTREVISTADO C1]

Atualmente, a usina negocia a venda de agregado reciclado com empresas terceirizadas, contratadas pelas empresas que ganham as licitações municipais. Ela recebe consultoria de uma empresa ambiental, que realiza um apoio administrativo para melhor manuseio dos resíduos, possibilitando inclusive o contato com construtoras e feiras.

A prefeitura [...] utiliza em praças, para reconstrução de praças. E o fundamento nosso hoje, mesmo, com a prefeitura, seria assim não a prefeitura como parceira, mas as empresas que trabalham com a prefeitura como parceira. Porque elas tiram o material e em vez de jogar, vem o material para cá que é o concreto, revestimento de calçada que eles tiram tudo, e volta como material de reutilização. Então, já tem algumas empresas que recondicionam praças, revitalizam praças [...] [ENTREVISTADO C1]

O proprietário, na busca de ampliar o seu negócio, se vincula a empresas conceituadas no setor da construção que se interessam pelo reaproveitamento da madeira encontradas nos resíduos.

O programa da recuperação da madeira e a reutilização da madeira moída, então agora nós temos uma reunião com a diretora do Eucatex que vai tentar fazer a requisição de toda esta madeira que sai, a madeira que dá para fazer cavaco. Então ela vai para lá, vai reutilizar pra deixar de usar o Eucalipto e economizar um pouco mais [...] [ENTREVISTADO C1].

Os procedimentos para recebimento dos RCD, a matéria-prima, baseiam-se na chegada de caminhões (Figura FC1, página 88) cadastrados, quando acontece a inspeção visual para classificação dos resíduos. Quanto a sua procedência e composição, eles são armazenados individualmente:

- resíduos provenientes de demolição de calçadas, sarjetas e praças;
- resíduos com predominância de material cerâmico (Figura FC4, página 89);
- resíduos com predominância de material misto – terra, argila –; normalmente é destinado para pavimentação;
- resíduos com predominância de concreto estrutural, considerado material nobre –este já é separado para britagem (Figura FC5, página 89);
- resíduos com predominância de material misto: terra, barro e com presença de quantidade visivelmente significativa de contaminantes (podas, papel, papelão, madeira, matéria orgânica, plásticos, solos e metais, entre outros).

O proprietário da usina fez um estudo sobre a quantidade de RCD recebida durante o primeiro ano e chegou a valores estimados em 4.000 toneladas/mês. Observou a composição dos resíduos recebidos e quantificou os componentes encontrados: metais.

[...] quando eu fiz o projeto aqui após o primeiro ano de estudo, então o projeto aqui era para receber 4.200 toneladas ou seriam 4.200 metros cúbicos.

[...] aí eu tirei a conclusão que nestes 4.200 metros cúbicos recebidos geram 11.000 kg de metal, geram 7.000 kg de papel, papelão, 4.000 kg de plástico, de pvc, 1.800 kg de material nobre. O que você fala de material nobre? Material nobre é o alumínio, é o cobre [...], então e aí por diante e mais ou menos aí 200 kg de materiais como acrílico, trilho também geram 2.000 kg a 3.000 kg [...] então foi um projeto bem estudado. [ENTREVISTADO C1].

d) Processo de Reciclagem

Uma vez classificados, os RCD passam pelas etapas de triagem e segregação, extração de materiais indesejáveis, operação de britagem e estocagem para expedição. Dessa forma, o processo de beneficiamento dos resíduos e produção dos agregados atende as etapas a seguir.

- Avaliação visual da qualidade do entulho: na chegada do caminhão, há uma pré-seleção baseada na inspeção visual, com predominância de pedaços de concreto, aparentemente em bom estado. O concreto é considerado material nobre, e será destinado à britagem.

[...] na verdade eu tinha falado para você a seleção visual na hora que entra, depois descarregou o pessoal vai para poder limpar, entendeu, madeira tira aqui, plástico, quando é plástico joga na caçamba de papel, sucata, vidro, separa tudo, entendeu? [ENTREVISTADO C2].

- Triagem e segregação: separação manual dos materiais não britáveis, como madeira, plásticos, papel e aço. Esses materiais voltam ao mercado com valor agregado e são comercializados em olarias e sucatas, entre outros locais (Figuras FC6 e FC7, página 89).

[...] quando o caminhão chega, ele vai, é colocado, vai o material [...].

É ele é colocado aqui até a mão de obra vem e limpar. Como você está vendo, aquele material, ele vai para olaria, então [...] tem hora que esse material é depositado em aterro. A olaria utilizava eucalipto. Hoje estamos deixando de utilizar eucalipto e utilizando a própria madeira que é até uma madeira contaminada, é uma madeira que tenha alguma contaminação de cimento, pode ser até reutilizada [...] e até as cerâmicas também já estão utilizando. [ENTREVISTADO C1].

- Alimentação do equipamento: a matéria-prima, após segregação, é transportada pela pá carregadeira até o alimentador, onde é umidificada por uma mangueira, pois não existe sistema nebulizador para contenção de material particulado (Figura FC8, página 89).

É o processo. Nós falamos bica, [...] bica com deslize. Então a gente joga com a maca, coloca ela na bica e com uma enxadada e vai puxando ela com o britador [...]. [ENTREVISTADO C1]

- Britagem: o alimentador possui uma inclinação que permite, por gravidade, a chegada da matéria-prima na câmara de britagem, onde é literalmente mastigada pelo britador de mandíbulas. O material britado é conduzido pela correia transportadora até a

peneira, que mecanicamente distribui o agregado reciclado em suas respectivas baias (Figuras FC13, FC15 e FC16, páginas 90 e 91).

E depois da britagem o material é peneirado, então, é colocado em estoque e conforme a necessidade do material o caminhão sai e vai carregado, e vai indo, direto para obra de acordo com o material que é pedido. [ENTREVISTADO C2].

- Empilhamento: os agregados reciclados são estocados nas proximidades e destinados aos consumidores. O sistema de estocagem dos agregados é provisório, pois o material produzido já tem destino certo e o tempo de estocagem é mínimo.
- Armazenamento, no depósito, dos rejeitos resultantes da etapa de triagem e segregação.

Todo o material é armazenado aqui. É um estoque porque você tem que formar a carga deles, por exemplo, aqui você já está dando quase um caminhão de 18 metros cúbicos, então, [...] você vende [...] pvc vende [...] pouco uso reconstitui [...] telha, mangueira de bombeiro [...], tudo é reutilizado [...] tudo é jogado, está entendendo? [ENTREVISTADO C1]

Os equipamentos utilizados foram adaptados, pois são improvisados e procedentes de sucatas. São maquinário de pedreiras em que a vida útil já foi ultrapassada, mas ainda funcionam para britagem de material menos duro – a matéria-prima agora já não é mais natural.

[,,] materiais sucateados. Sucateados, reconicionados e fazem o trabalho com a mesma é [...] performace que o novo. Você está entendendo? Vê a importância da utilização do entulho [...] [ENTREVISTADO C1].

Os britadores vão para pedreira e lá eles tem uma vida útil, após aquela vida útil ele vai para a sucata, então aqueles que vão para a sucata são reconicionados, como [...] não oferece resistência não muito forte dá para ser reutilizado com a mesma performace do outro. As correias tudo correia já utilizadas [...] de pedreira de bastante uso, está sendo reutilizada. Peneira é simples, são materiais comprados em ferro velho, e tudo aí você pode ver que é material já corroído, corroído e recuperado que volta a ter a mesma resistência do material novo [...] [ENTREVISTADO C1]

Os principais equipamentos encontrados na usina foram:

- Pá carregadeira: a Figura FC8 (página 89) mostra a pá carregadeira depositando a matéria-prima na calha metálica.
- Alimentador do britador: trata-se de uma calha metálica com inclinação, para facilitar o escoamento da matéria-prima (Figura FC10, página 90).

[...] é que hoje a gente não tem este alimentador vibratório, então á concha da máquina vem descarregada, em uma estrutura metálica, e o menino puxa com a enxada o material para vim para o britador e o alimentador vibratório. [ENTREVISTADO C2]

- Britador de mandíbula com capacidade de britagem de 8 metros cúbicos por hora (Figura FC9, página 90).

[...] é o britador de mandíbula com correia de 15 metros e peneira [...] a mandíbula 42 e 30, com potência de 8 metros cúbicos por hora de brita. [ENTREVISTADO C1]

A especificação dele e que o pessoal fala é de 42 e 30, se você olhar a boca dele e 42 cm por 30. Então, conforme você vai aumentando essa boca mais capacidade de vazão você tem, mais o material você consegue está britado, quando o britador é muito grande costuma-se colocar rebitador, porque você consegue britar peça muito grande, só que ela não fica do tamanho de uma pedra 1 ou pedrisco, então você dá uma quebrada ela já diminui aí você rebita de novo para fazer o pó, o pedrisco [...] [ENTREVISTADO C2]

- Transportador de correia fixada em estrutura metálica (Figuras FC11 e FC12, página 90).
- Peneira rotativa, com formato cilíndrico (Figuras FC14 e FC15, página 90 e 91 respectivamente).

O proprietário da usina está planejando melhorias para a planta, entre elas a aquisição de equipamentos, como nebulizador e alimentador vibratório. Hoje, ele utiliza mangueira para minimizar o pó e uma calha metálica inclinada para alimentar o britador.

[...] vai puxando com a enxada, vai deslizando dentro do britador. [ENTREVISTADO C1]

É molhado, puxo a mangueira aqui, mas estamos trabalhando já um reservatório para fazer com nebulizador. O nebulizador vai ser muito mais [...] equivalente [...]

O nebulizador, ele vai encaixado aqui, na hora que está caindo aqui dentro, então não sobe pó, o nebulizador vai lá. Na saída o material vai pulverizado com água para que não saia pó no terminal da esteira.

[...]. Ele não volta por quê? Porque já tem um estudo do grau de inclinação que ele não volta [...] eu vou fazer funcionar [...]. Improvisando até que chegue o real da situação. [ENTREVISTADO C1]

Isso, esse que a gente vai fazer a troca, se você vier daqui a um mês mais ou menos já vai estar funcionando, é uma espécie que o operador só fica com o controle na mão, então um vai e descarrega o material e o outro aciona o vibratório, o material já vai caindo tudo dentro do britador, então o britador fica constantemente alimentado, [...] o britador está virando em falso aí começa esmagar e até você puxar lá do fundo de novo, você aciona ali [...]. [ENTREVISTADO C2].

A seguir, o entrevistado fala sobre os equipamentos mínimos necessários para que uma usina de pequeno porte funcione.

[...] se você já tiver o terreno você já tem uma vantagem, porque você não precisa depender de locações, aquelas coisas. Agora se você não tiver o terreno, você vai depender do proprietário consentir o trabalho, após o consentimento uma declaração que você vai fazer esse tipo de trabalho, você tem que fazer um contrato esse contrato gera gasto e depois, você tem que fazer o que? Ter uma pá carregadeira de nível médio, que é assim em torno de concha 1,5 m³ por concha e ter um caminhão pelo menos para transportar aquele rejeito em locais adequados. [ENTREVISTADO C1]

Então, [...] quando eu montei, comecei apenas com uma locação de máquinas. Locava uma máquina e depois fui comprando, fazendo dívida, pagava uma outra, chegamos aí [...] a gente já está bem, não há necessidade de substituição. Esse equipamento aqui [...] não apostula lucro nenhum. Então, a gente tem que substituir, mas, para isso [...] a gente fez um trabalho aí [...] a pedido do professor, eu fiz um trabalho para ele sobre um perfil das empresas que trabalham com entulho, as necessidades da empresa. Então, eu tirei um perfil mais ou menos pra ele [...] para vê se junto com a Caixa Econômica Federal este trabalho para que esse trabalho passe a ser visto com algumas prioridades de financiamento para facilitar [ENTREVISTADO C1].

Eu tenho um caminhão só, os outros são alugados.
Para funcionar quantos caminhões o senhor precisa ter? [Pesquisador]
Quatro caminhões, depois, duas pá carregadeira. [ENTREVISTADO C1]

A usina tem capacidade de produzir 10 toneladas por hora e recebe, em média, 50 caçambas por dia, todas cadastradas na prefeitura, seguindo a legislação municipal. Tem capacidade para britar 65% do material recebido, o que corresponde a 30 metros cúbicos por dia de material britado.

A produção nossa seria 70 m³/hora para moer e hoje nós estamos aí em torno de 16 [...] 17 metros mais ou menos, porque nos estamos alimentando no manual, não temos recursos para comprar peneira, o britador [...]. [ENTREVISTADO C1]

É, ele vai passando por aí e vai estocando [...] hoje estamos com 1,5% de rejeito. Que vai em aterro como São Paulo ou Queluz, lá eles recebem esse rejeito. Já é uma grande coisa porque economicamente para prefeitura, economicamente para o meio ambiente, então, a vida útil das bacias [...]. [ENTREVISTADO C1]

O que volta bastante está sendo o pedrisco e areia [...] Porque uma ATT hoje para ser completa mesmo, ainda vai muito, sabe, teria que ter o britador. Tem caçamba que vem com algumas podas, então, teria que fazer um terreno com uma compostagem, uma pequena compostagem, teríamos que ter, por exemplo, essas guias de sarjeta que são feitas com concreto usinado, então, a gente teria que ter uma pequena concreteira aí, pra fazer o quê? levar o concreto pronto para que seja feito, e as vezes, elas não reutilizam muito porque nós não temos como usar. Deu para entender como é? O ganho alto [...] é isso aí [...] estamos indo lá. [ENTREVISTADO C1]

e) Produto

Os produtos estão classificados em faixas granulométricas; dessa forma, são produzidos (Figuras FC17 e FC18, página 91): areia, brita 0, brita 1, brita 2, brita 3 e bica corrida.

[...] então a peneira faz a classificação. Então sai a pedra 1, aquela lá é uma pedra 2, sai o pedrisco, que a gente utiliza [...] vamos utilizar pra fazer blocos e outras coisas mais. Então, nós temos hoje de rejeito do entulho é o cerâmico, que é o azulejo, ele não brita, então é o que temos de rejeito. Esse equipamento aqui nós estamos tirando pedra 1, pedra 2, pedrisco, a areia e uma pedra 3 são cinco produtos. [ENTREVISTADO C1].

[...] É uma pedra 2, a pedra 3 está do lado de cá do equipamento [...]. Aqui sai a pedra 3, [...] a gente está voltando a rebritar ela novamente então, você vê sai areia e pedrisco são dois produtos, a pedra 1 são três produtos, a pedra 2 são quatro produtos, e esse que é um produto aí, pra cascalho de rua que é importante isso aí, e a areia que nós já estamos utilizando em vários [...] utiliza tudo [...] Hoje nós não estamos jogando material fora praticamente reutilizamos [...] é que hoje você pegou uma fase que a máquina está quebrada. Mas, eu teria muita coisa boa para mostrar mais para você [...] [ENTREVISTADO C1].

Como exemplos de aplicação dos reciclados produzidos nessa usina recicladora, têm-se:

- piso de galpão comercial localizado próximo à usina (Figuras FC19 e FC20, página 91);
- lastro para assentamento de tanque de combustível em posto de gasolina em Barueri;

- lastro para assentamento de tubulações de infra-estrutura (Figuras FC21e FC22, página 92);
- via interna no transbordo de municípios conurbados, nivelamento de terreno, cascalhamento de vias.

Esse material aqui, [...] concreto, cerâmico tem muito pouquinho, esse material dá uma qualidade que você pode fazer até estrutura [...] estrutural [...] laje a gente não recomenda porque ainda não tem uma especificação muito determinada pelo IPT (mas está em teste), para alvenaria, piso, estacionamento, é um material que oferece a mesma resistência do natural. Consideramos este material aqui como nobre, isso aqui não temos produção pelo pedido que temos. [ENTREVISTADO C1].

f) Atores sociais

Durante a investigação, foi possível identificar as pessoas que interagem direta ou indiretamente, possibilitando o funcionamento da ATT. Elas foram agrupadas em:

- Mão-de-obra: trabalhadores envolvidos com as atividades operacionais, como segregação, reciclagem e transporte.
- Fornecedores da matéria-prima: caçambeiros e geradores de resíduos.
- Consumidores: construtoras, autoconstruções, comunidades religiosas e, de forma indireta, o município.

Segundo levantamento feito na usina pelo proprietário, em quatro anos observou-se que 400 metros cúbicos por mês geraram 1 (um) emprego; dessa forma, 4.000 metros cúbicos por mês vão gerar 10 empregos diretos. Atualmente, a usina conta com 27 empregados – com salários mensais variando entre R\$ 420,00 e R\$ 1.050,00 –, sendo 10 empregos diretos (que trabalham diariamente no espaço físico da usina) e 17 indiretos (caminhoneiros e caçambeiros colaborando com o transporte do material reciclado).

Isso, o quê que a gente conseguiu aqui? A gente conseguiu que cada 400 metros cúbicos de entulho ele gera um emprego. Agora você veja bem, aqui nós recebemos em torno de [...] 4.000 metros cúbicos, estamos gerando dez, praticamente dez empregos diretos e geram sem dúvida, o caminhão vai carregar para algum lugar gera mais emprego, dá um total de [...] geram 27 empregos direto e indiretos [...] como esse levantamento eu fiz com auxílio de recaptção do volume que a LIMPURB nos passa [...] São Paulo gera 430.000 toneladas de entulho mês [...] é eu fiz um levantamento em Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro então só aí dava para gerar um tremendo emprego, inclusive a renda superior, a renda inferior é R\$ 450,00, mas tem grupos, tem pessoas aqui que chegam a tirar R\$ 1.050,00 mês [ENTREVISTADO C1].
[...] Como é que eles são remunerados, eles tem carteira de trabalho registrada?[Pesquisador]
Olha, nós temos quatro [...] nós temos registrado um grupo de oito [...] um ganha quatrocentos e outros, é que uns ganham por produtividade de separação de metal, formar cooperativa, nós já estamos lapidando eles, ocê produz mais, você ganha mais, entende? Então nós estamos lapidando toda essa é um caminho para desenvolvimento. [ENTREVISTADO C1].

Há integração entre a comunidade e a usina por meio de participação e colaboração mútua:

- Vizinhos nas proximidades: a usina atende, nas redondezas, a uma comunidade com baixa condição social, que compra um carrinho de areia por R\$ 10,00 para uso como contrapiso em suas residências – situação observada, durante a visita, pelo pesquisador.
- Construtoras: utilizam os agregados reciclados no próprio canteiro.
- Igrejas: usam os agregados reciclados na execução de pátios e contrapisos.

Na obra. Então, nós temos uma igreja aí chama-se igreja Jesus Cristo dos Últimos Dias, então elas fazem aquelas construções em terrenos acima de 8.000, 9.000 a 10.000 metros, então [...] os pátios deles só utilizam o material reciclado [...] na realidade não é nada mais nada menos que o novo concreto remoldado, ele volta a ter a mesma capacidade estrutural que o outro talvez seria um pouco a menos mas, dentro do ensaio que já houve na faculdade Mauá constatou-se que não existe problema nenhum na reutilização dele no estrutural. [ENTREVISTADO C1].

- Autoconstrução: na construção de um galpão comercial localizado próximo à usina foram utilizadas areia e brita no piso do pátio, como mostram as Figuras FC9 e FC20 (páginas 90 e 91 respectivamente).

Foram registradas outras experiências interessantes na aplicação dos reciclados, como em postos de gasolina, com a utilização de piso industrial demolido e a interação com municípios conurbados, apresentadas a seguir.

- Construtoras: em uma obra, o terreno tinha um uso industrial e houve necessidade de demolir o piso da fábrica. Isso favoreceu a reciclagem desse piso, que teria de ser demolido. Assim, foram utilizados o próprio reciclado na obra e o reciclado da usina.

É daí eles constataram o material reciclável [...] melhor desempenho [...] e aí eles fizeram todos os blocos, eles visitaram a obra e utilizaram o próprio material, a pedra e também eles peneiraram o pó, pedra 1, pedrisco, todas essas pedras também eles empregaram para fazer todas lajes pré-moldadas, que utilizaram todo esse material que tinham um sistema de abastecimento [...] uma espécie que a máquina carregava o alimentador que jogava o material direto no caminhão betoneira; então, eles viravam o concreto dentro da própria obra com o caminhão betoneira, fazendo o concreto ali para eles mesmos poderem utilizar, entendeu? [...] depois, então, quando acabou o material deles e eles ligaram a gente, então, estamos fornecendo material para eles [...] se você quiser depois nós damos um pulo lá. [ENTREVISTADO C2]

- Municipalidades: a prefeitura de outro município, no Centro de Triagem de Resíduos Sólidos, recebe material da usina para manutenção de suas ruas internas.

Hoje os nossos clientes: a própria construção civil, os construtores, que eles utilizam para fazer os pátios das construtoras, utilizam para fazer a parte de enchimento das valas. E essas empresas especializadas em fazer tubulações são clientes que vêm procurar bastante.[ENTREVISTADO C1].

Não. Eles vêm, fazem a compra do material e a gente [...] eles pagam o frete e a gente entrega na obra deles [ENTREVISTADO C1]

E mais:

Temos clientes aqui que são os pequenos construtores da chamada casa popular. Ele já está utilizando areia do material reciclado e fazendo o lastro com o material reciclado. [ENTREVISTADO C1]

Também esse material reciclável tem uma ótima utilização, principalmente a areia, areia grossa de concreto para o aceitação de tanque de gasolina, sabe tanque de posto? Porque ele é cheio, então, tem que fazer um determinado comportamento pra que ele não haja deslocamento [...] meu posto foi em Barueri, foi a primeira experiência, depois foi mais uns, mas não tinha volume pra atender, então há um interesse nosso agora de fazer modificações na produção. [ENTREVISTADO C1]

Nós agora estamos fornecendo o material para uma obra do PAR, Plano de Arrendamento Residencial acho que é, é lá do Belém, de manhã o caminhão acabou de sair de lá, também para carregar o mesmo pó de pedra para eles fazerem o contrapiso do material, [...] vão fazer contrapiso com o material [...] e o caminhão daqui ele vai para lá carregado de pó de pedra e volta carregado de entulho, para a gente poder britar ele também [...] vai com um material e volta com outro [...] Obra em Belém, lá eles compraram o pó de pedra. Só pó de pedra [...] Para fazer bloco, lá eles compraram se eu não me engano uma porção, muito parecida com esta daí, entendeu, para fazer enchimento e contrapiso [...] [ENTREVISTADO C2]

g) Figuras: usina de reciclagem C



Figura FC1 Portaria da usina.



Figura FC2 Caminhões descarregando. Pá-carregadeira : triagem da matéria-prima.



Figura FC3 Descarga do RCD.



Figura FC4 Matéria-prima : composição predominante de terra e material vermelho.



Figura FC5 Matéria-prima : composição predominante de concreto.



Figura FC6 Operário armazenando o material triado e segregado.



Figura FC7 Material retirado da matéria-prima durante a etapa de triagem.

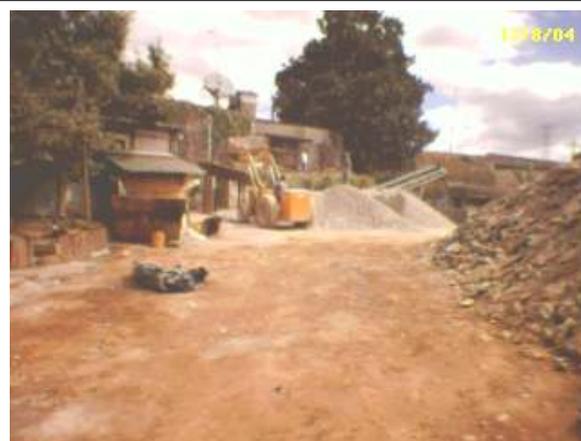


Figura FC8 Pá-carregadeira depositando a matéria-prima no alimentador.



Figura FC9 Detalhe da câmara de britagem e britador de mandíbula.



Figura FC10 Conjunto de equipamentos : alimentador, câmara de britagem e britador.



Figura FC11 Transportadores de correia apoiado em estrutura metálica.



Figura FC12 Vista superior do transportador de correia.



Figura FC13 Conjunto : transportador e peneira.



Figura FC14 Peneira cilíndrica e respectivas baias.



Figura FC15 Vista posterior da peneira.



Figura FC16 Classificação granulométrica do material reciclado.



Figura FC17 Produto : Areia reciclada.



Figura FC 18 Agregados reciclados de diferentes granulometrias.



Figura FC19 Aplicação: Piso de um galpão executado com agregados reciclados.



Figura FC20 Aplicação : Uso de agregados no pátio externo de um galpão.



Figura FC21 Aplicação : Lastro para assentamento da infra-estrutura.



Figura FC22 Aplicação : Detalhe do lastro em agregado reciclado.

7.4 Usina de Reciclagem: D

A pesquisa foi realizada na usina recém-inaugurada e em plena atividade. A investigação nessa usina contou com a colaboração do profissional envolvido na implantação, designado entrevistado *D1*, e com o responsável técnico, designado entrevistado *D2*. Ambos concederam entrevista e apresentaram a usina.

a) Dados gerais:

A usina de reciclagem, recém-inaugurada, está localizada próxima a um aterro sanitário, instalada em uma zona pouco urbanizada, com vias de acesso fácil e de boas condições de tráfego. A usina ocupa uma área de 150.000 metros quadrados, considerada de grande porte, e possui condições para recebimento, aterro e reciclagem dos resíduos das atividades construtivas.

Sua implantação caracteriza-se pelas instalações fixas. É identificada como a mais moderna planta do Brasil, com capacidade diária para receber cerca de 1.200 toneladas de resíduos sólidos classe *A*. Em suas instalações encontram-se alojamentos, sala para visitantes e diversos pátios para recebimento de resíduos e estocagem, que podem ser localizados no *layout* apresentado na Figura 7.4. A usina está equipada com caminhão-pipa que circula pelos acessos, irrigando-os periodicamente e impedindo que o material pulverulento se espalhe na atmosfera.

Agregaram-se a esse projeto outras atividades de caráter social, que vão além da reciclagem de resíduos das atividades construtivas. Há planos para instalação de fábrica para produção de blocos de solo-cimento, utilizando o lodo de estação de tratamento de água, uma tecnologia que já está sendo desenvolvida na universidade local. Essa integração só foi possível pela disponibilidade de uma grande área; por isso, a opção pela planta atual. Há interesse em gerar um núcleo de reciclagem contemplando atividades como área de recuperação de móveis, entre outras.

Existe uma grande demanda na cidade, onde está localizada esta usina: 440 caminhões descarregam na usina. É um estoque grande, dá para acumular grande quantidade de matéria-prima. [ENTREVISTADO *D2*].

Por estar localizada em uma zona pouca urbana, as questões referentes ao impacto ambiental estão praticamente solucionadas.

E quanto à questão de você se preocupar em atender o item da proteção acústica, da poeira, do controle da poeira, que medidas você está providenciando, o que já foi implantado para atender esse item de exigências? [Pesquisador].

Nós temos feito, na medida possível, a segurança do trabalho. A prefeitura ela vem faz a medição dentro, está até bem abaixo. Isso está sendo atendido, mas mesmo assim, tem uma das bicas que vai receber uma proteção, uma borracha que vai proteger o material de bater na lata e vai amortecer o barulho [...] Toda área recebe o dia todo, nós temos um caminhão-pipa, mas ainda é insuficiente. Nós estamos adquirindo o segundo, temos que abastecer o mercado todos os dias as vias de acessos, material tanto na hora de carregamento para alimentação quanto na expedição. Nós vamos instalar mais catorze pontos de aspersores, tipo uma chuvinha o tempo inteiro que é necessário para umedificação da matéria-prima. [ENTREVISTADO D2]

[...] temos licença da Cetesb [...] para instalar numa área adequada, faz parte do Complexo Delta (aterro sanitário) aqui é uma área industrial própria [...] e nós temos nove exigências para estar atendendo, que é a contenção da poeira, contenção do ruído, tenho o projeto de drenagem que toda água que cai dentro da usina [...] [ENTREVISTADO D2]

Atualmente, a energia elétrica é fornecida por um grupo gerador a diesel, mas já existem planos e infra-estrutura para instalação de energia elétrica de fonte externa.

A Figura 7.4 apresenta o layout da usina *D*, com a disposição dos equipamentos e máquinas:

1. Entrada e saída de veículos.
2. Portaria.
3. Inspeção e identificação da matéria-prima.
4. Pátios de descarga dos RCD.
5. Acesso ao conjunto e à linha de produção dos reciclados.
6. Alimentador vibratório.
7. Correia transportadora do material originado do escalpe.
8. Empilhamento do material originado do escalpe.
9. Britador de impacto.
10. Transportador de correia.
11. Separador magnético.
12. Bica de transferência.
13. Correia transportadora móvel.
14. Pilha de “bica corrida”.
15. Peneira: classificação dos agregados em faixas granulométricas.
16. Transportadores de correia fixos.
17. Pilhas de agregados reciclados.
18. Guia em concreto para locomoção do transportador de correia móvel.
19. Torre de controle: monitoramento do conjunto.
20. Gerador a diesel.

21. Sala de eventos destinadas a visitantes.
22. Administração da usina.
23. Alojamentos: abriga a cooperativa.
24. Pátio de estocagem dos reciclados destinados às obras municipais.

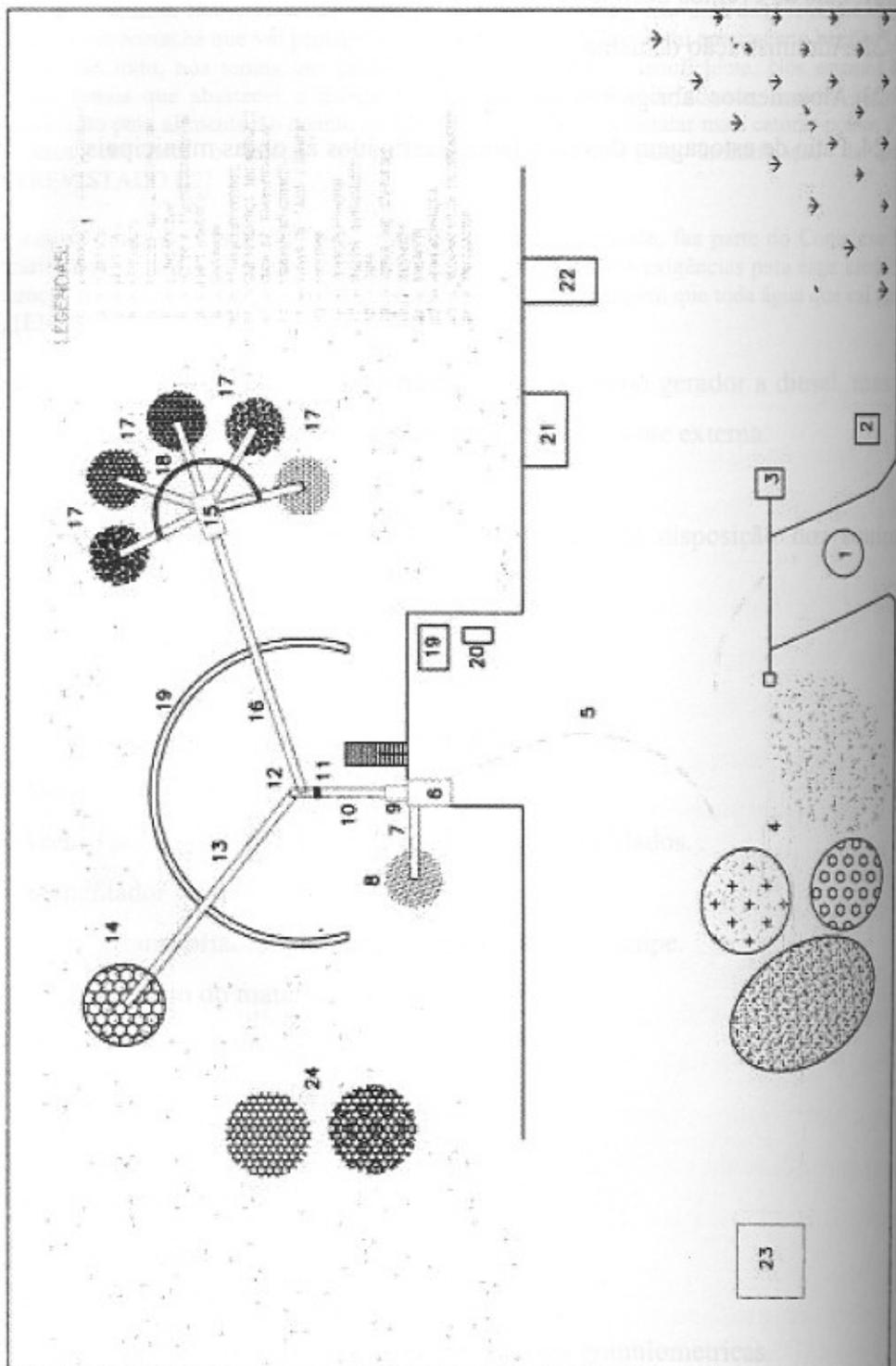


Figura 7.4 - Layout da usina D.

Os veículos passam pelo portão (1), observados pela portaria (2), e estacionam para identificação e inspeção (3); um funcionário da usina sobe no caminhão, conferindo o material transportado. Aprovado, segue para o pátio de descarga preestabelecido (4) e imediatamente uma pá carregadeira inicia a operação de basculamento e umidificação do material; os cooperados se encarregam da etapa de triagem e segregação, retirando os materiais não trituráveis. Caso o material transportado pelo caminhão seja reprovado na inspeção (3), o motorista recebe orientação para um descarte adequado, responsabilizando-se pela destinação correta, sob pena de infração.

Após a etapa de triagem e segregação, a matéria-prima está pronta; é transportada, então (5), pela pá carregadeira até o alimentador do britador (6), em que os operários inspecionam as dimensões e verificam a necessidade de umedecer mais uma vez o material. No alimentador (6), a matéria-prima passante pela grelha é lançada na correia lateral (7) e empilhada (8), gerando um primeiro material de escalpe. O material não passante é depositado na câmara de britagem, sofrendo vários impactos, por martelos, produzindo fragmentos com dimensões variadas.

Os fragmentos são lançados no transportador de correia (10) até a correia móvel (12); durante esse transporte (10), três operários retiram materiais indesejáveis, como pequenos pedaços de papéis, plásticos e madeiras que ainda permaneçam no processo; os metais são retidos pelo separador magnético (11) posicionado no último terço da correia.

Na correia móvel (12) existem duas possibilidades: na primeira, os fragmentos podem ser conduzidos pela correia (13), produzindo a bica corrida (14). Na segunda, os fragmentos são lançados na correia (13) e transportados até a peneira vibratória (15), na qual serão classificados em cinco faixas granulométricas; em seguida, são encaminhados por meio dos transportadores de correia (16) e empilhados (17). Todos os agregados produzidos são conduzidos para os pátios de estocagem (24), aguardando, por pouco tempo, sua distribuição às diversas obras municipais.

O transportador de correia (13) possui mobilidade e está apoiado em pequenas rodas, permitindo uma trajetória circular sobre guia de concreto.

A operação do processo de reciclagem dos RCD é monitorada pela torre de controle (19), locada de tal forma que permite a visão total do conjunto, além de abrigar os comandos elétricos que colocam em ação as máquinas. Essas máquinas recebem energia do gerador a diesel (20).

A administração da usina (22) está implantada em posição estratégica, interagindo com o fluxo nos acessos e na linha de produção; ao lado, encontra-se uma sala de eventos (21) para visitantes; no outro extremo, passando pelos pátios, ficam os alojamentos (23) que abrigam a cooperativa.

b) Ações municipais:

A recicladora pertence à administração pública municipal, que implementou duas importantes ações sociais: ofereceu uma solução legal à cooperativa, que operava em um aterro irregular, fechado judicialmente, mantendo a renda dos cooperados; e atuou na preservação do meio ambiente do município, ao reciclar resíduos das atividades construtivas, dos quais alguns levariam séculos para serem decompostos pela natureza.

c) Matéria-prima:

A procedência desse material é das mais diversas regiões, pois é, atualmente, a única área legal que recebe resíduo classe A na cidade. Durante a visita, foi observada a predominância de material vermelho (cerâmicos) na composição da matéria-prima.

[...] 90% do material é cerâmico aqui é característica da cidade, por isso que não pode chegar, pegar esse projeto aqui e levar para Curitiba que não vai dar certo. Lá é outro material. [ENTREVISTADO D1]

Os caminhões provêm dos mais diversos pontos – geralmente, dos transbordos existentes. Os resíduos, em sua maioria, são provenientes de obras municipais, como demolição de calçadas, sarjetas e praças, mas há os que procedem de demolições de obras residenciais.

Os transportadores de resíduos das atividades construtivas são cadastrados e descarregam o material diretamente na usina: pedaços de estrutura de concreto, material cerâmico, revestimentos, materiais provenientes de escavação de rocha e solo, material da demolição ou fresagem de pavimentos asfálticos, material proveniente da limpeza de cobertura vegetal, terraplanagem, madeira, plástico, borracha, papel, papelão e estruturas metálicas.

[...] nós temos um cadastro, nós cadastramos os caçambeiros, a terraplanagem, as empresas de demolições [...] temos cadastro dos possíveis caminhões que vão chegar aqui na usina [...] eles chegam tem um cadastro [...] placa tudo do transportador e a gente cadastra o gerador [...] o gerador às vezes é uma empresa que está fazendo a demolição [...] quando chega uma indústria, quando vem pouco, pouco gesso que vem numa caçamba de demolição de uma reforma nós aceitamos, mas, quando não é, a gente segura a caçamba e dá o flagra e explica onde que é certinho e notifica, ele é obrigado a trazer o recibo da onde ele deu o destino [...] geralmente um aterro privado industrial [...] [ENTREVISTADO D2]

d) Processo de reciclagem e equipamentos:

O processo de reciclagem é constituído pelas cinco etapas operacionais: descarga, triagem e segregação, alimentação do sistema, transporte e peneiramento.

(1) Operação de descarga

Na portaria, os caminhões poliguindastes são identificados e informam que material está sendo transportado; ao serem autorizados a entrar, passam por uma inspeção visual que classifica o material em concreto, cerâmica ou misto. São orientados a descarregar em pátios preestabelecidos, conforme a composição do material transportado. A Figura FD1 (página 106) mostra caminhões descarregando nos pátios.

[...] o material chega na usina, ele é inspecionado [...] se ele é concreto puro ele tem um pátio [...] se ele é cerâmica pura ele tem outro pátio [...] se ele é misto tem outro pátio [...] tudo que entra tem os seus pátios de segregação [...] é difícil, mas vem material limpo, quando é uma demolição é só aquilo [...] [ENTREVISTADO D2]

(2) Operação de Triagem e segregação

No pátio de descarga, o material é basculado; a escavadeira espalha o material, iniciando a etapa de triagem e segregação; a cooperativa retira grande parte dos materiais rejeitados, como plástico, madeira, papel, papelão e metal, entre outros.

[...] Agora você está envolvida num processo de segregação como ela chama, você tem uma escavadeira, escavadeira que abre o material, uma carregadeira que carrega o caminhão e vai para dentro da britagem [...] o material nobre do reciclado é retirado pela cooperativa garrafa peti, plástico...[ENTREVISTADO D1]

[...] é uns dos meus grandes problemas, que a cooperativa ela faz o que ela pode, e, ela tira o que agrega mais valor, mais valor [...] ela vai pegar o que é mais fácil e mais rápido [...] [deixando o de pouco valor] pequenos pedacinhos de papel, pequenos, pequeninhos, ela pega o que é maior e tem ficado [...] e na hora que vai para o alimentador tem três pessoas que ficam tirando essa pequena proporção, mas, não é bom ir [...] nem para bica, nem para peneira [...] então tem caçamba de entulho onde os catadores depositam esses rejeitos [...] rejeitos [ENTREVISTADO D2]

Em seguida, a matéria-prima umidificada é transportada por pá carregadeira até o alimentador vibratório.

(3) Operação de alimentação do sistema

A matéria-prima (Figura FD2, página 106) é lançada na calha do alimentador vibratório, regulado de acordo com a capacidade do britador. Existem limitações nas dimensões da matéria-prima depositada; material com grandes dimensões é retirado do sistema ou quebrado em tamanhos menores. O sucesso da produção está em manter um fluxo constante de matéria-prima; para isso, é necessário um operador habilidoso, que evite situações que possam interromper esse fluxo com materiais indesejáveis: madeira, grandes barras de ferro, grandes fragmentos de concreto, entre outros, que venham danificar o britador. A Figura FD2 (página 106) mostra operários manipulando a matéria-prima para alimentação do britador.

[...] um alimentador vibratório cuja a função é transformar o descontínuo em contínuo para que o britador tenha uma alimentação contínua. Ele tem uma grelha de separação dos finos da alimentação, que separa o material abaixo de 2 polegadas que sai do sistema e é estocado numa correia lateralmente. A seguir o material que não passa nessa grelha cai no britador, esse britador tem a capacidade de 80, 100, 120 toneladas horas que trabalha com uma regulagem controlada para gerar um produto não muito grande que possa ser aproveitado e não ter necessidade de uma rebitagem. Para isso ele é uma máquina de boca limitada tem uma grande boca, nessa condição o material de grande dimensão precisa ser retirado do sistema, ou então marroado, ou então quebrado, para poder entrar dentro do britador. Nesse alimentador, a alma da produção é esse alimentador, o operador tem que ter habilidade de manter o fluxo constante sem entupir o britador, sem deixar cair material estranho, tirando o material indesejável, tudo acontece aí nessa boca do britador. O britador recebe concreto com ferragem, sem problema, madeira agente procura tirar os blocos muito pesado e muito grande que possa entupir, ficar preso na boca do britador, ou então, pedaço de ferro grande muito pesado, que pode afetar o material de impacto da máquina, esse britador é um britador tipo impacto, ele arremessa o material contra uma parede fixa, esses martelos são feitos de aço de muita dureza, então como ele não é muito duro ele é maleável, então um material de ferro, por exemplo, uma barra de ferro muito grande pode trincar esse material e isso pode trazer dano a máquina, quebra um martelo, quebra outro pode trazer grandes problemas. [ENTREVISTADO D1].

A matéria-prima depositada no alimentador vibratório com dimensões menores que 2 polegadas é retida pela grelha e segue por uma esteira lateral, e a matéria-prima com dimensões maiores é lançada à câmara de britagem, sofrendo sucessivos impactos por martelos, como descrito anteriormente.

(4) Operação de transporte

Na saída do britador, o material fragmentado é lançado no primeiro trecho do transportador de correia. A esteira em baixa velocidade permite que três operários removam os materiais indesejáveis, remanescentes da etapa de britagem, como ilustrado na Figura FD4 (página 107); o ímã complementa a remoção dos metais.

[...] esse material britado cai uma esteira transportadora, numa correia, de baixa velocidade onde os catadores fazem a cata manual retira material indesejado plástico, pano, pedaço de madeira, pedaço de ferro. Complementando tem um ímã separador magnético automático que retira o material ferroso. [ENTREVISTADO D1].

No final desse primeiro trecho tem-se a correia móvel, que pode ser programada para duas operações distintas: produção de “bica-corrida” e produção de agregado em cinco faixas granulométricas. Para geração de “bica-corrida”, o material é conduzido direto ao empilhamento. Na produção de agregados em várias faixas granulométricas, a correia móvel conduz o material até a peneira vibratória.

No extremo dessa correia tem uma correia giratória, correia radial, que leva o material para pilha, uma pilha, portanto tipo feijão, ou então leva para a peneira vibratória. E da peneira classificada, então, os diversos materiais agregados [ENTREVISTADO D1].

(5) Operação de peneiramento

O agregado reciclado com dimensões variadas é depositado na caixa de entrada da peneira. Nas superfícies de peneiramento, o material é classificado dentro de cinco faixas, por meio das vibrações produzidas pelo equipamento.

Na saída das telas da peneira vibratória encontram-se as esteiras, que recebem os reciclados e os transportam, realizando o empilhamento. A Figura FD9 (página 108) mostra a saída das respectivas faixas granulométricas, e pode-se constatar que os agregados reciclados classificados são depositados no transportador de correia fixado no solo. A Figura FD8 (página 107) ilustra a operação de empilhamento. Observa-se o desnível no terreno permitindo o depósito do agregado reciclado.

[...] pedrisco, pó ou areia como chamam aqui, pedra 1, pedra 2 e pedra 3 são estocados formando pilhas em volumes razoáveis [...] [ENTREVISTADO D1]

Na produção dos agregados em “bica corrida”, mencionada na operação anterior, o reciclado não é peneirado; ao sair do britador, é conduzido até a correia móvel para a operação de empilhamento.

Segundo os entrevistados, essa usina possui o segundo maior britador do país e a capacidade máxima de britagem chega a 120 toneladas por hora. O equipamento possui regulagem controlada para gerar um produto acabado sem necessidade de rebitagem. Para isso, a câmara de britagem tem dimensões limitadas, e os resíduos de grande dimensão precisam ser quebrados antes de ir para o britador.

O conjunto de equipamentos é constituído por alimentador vibratório (1), britador de impacto (2), transportadores de correia (3), separador eletromagnético (3) e peneira vibratória (4).

(6) Alimentador mecânico vibratório

O alimentador mecânico vibratório está apoiado estruturalmente em concreto nivelado no patamar superior do terreno. Na Figura FD3 (página 107), observam-se seu nivelamento, a mesa vibratória e a grelha – responsável pela separação dos finos. Ao ser depositada a matéria-prima no alimentador, a grelha separa o material, retirando a fração fina e lançando-a em uma correia lateral. A Figura FD7 (página 107) mostra o apoio estrutural do alimentador vibratório e a saída lateral dos finos pela correia.

Sua função é alimentar o britador continuamente e, para isso, deve ser regulado, recebendo matéria-prima de acordo com a capacidade do britador; é controlado em função do que se quer produzir no equipamento.

[...] o alimentador é regulável, você regula a capacidade dele de acordo a capacidade do britador. O que varia na capacidade do britador é a abertura e o tamanho do produto que você quer, você quer um produto mais fino a capacidade é menor. Você tem que controlar o alimentador para que não alimente mais do que aquilo que o britador vai produzir, não é fácil esta regulagem na verdade aqui é uma rotação fixa[...] 80 a 100 toneladas horas é o que a planta produz. Se amanhã aparecer uma necessidade de um produto grosso, podemos fazer um rachão, a prefeitura vai usar rachão em uma obra de saneamento qualquer, podemos britar material até quatro, cinco polegadas, nós vamos abrir o britador, aí o britador e o alimentador vai ser regulado para produzir, sei lá, 200 toneladas horas o que significa isso, nós vamos ter que mexer nos contrapesos dos vibradores [ENTREVISTADO D1]

(7) Britador de impacto

Trata-se de um britador de impacto com capacidade de produção máxima de 120 toneladas por hora e que trabalha com regulagens controladas, produzindo agregados reciclados numa única britagem. Possui regulagens por meio de placas: a primeira opera fixa, a segunda placa está ajustada para uma passagem de até três polegadas e a terceira placa para uma dimensão menor, na saída do britador. Generalizando, o material, ao passar pela câmara de britagem, sofre vários impactos.

O britador, você tem três regulagens, são três placas na verdade, uma é fixa; na verdade você não mexe, é uma abertura, a primeira placa onde o material é arremessado você mantém uma boa distância em relação ao rotor vamos por aí cinco polegadas, a segunda placa é uma placa regulável você põe três polegadas, o material acima de três não passa aqui ele é esmagado, e lá na saída você põe uma regulagem mais apertada no mínimo esse material leva três pancadas...você dá a redução em cima disso. [ENTREVISTADO D1]

O britador é constituído por um rotor de 800 mm de diâmetro e 1 m de comprimento, ilustrado nas Figuras FD4 e FD5 (página 107).

[...] não tem uma especificação [...] normalmente eu uso do diâmetro do rotor que deve ser 800 mm e a largura da máquina que deve ser um metro, seria 1 metro de largura por oitocentos de diâmetro.

Impacto é a máquina certa, mandíbulas você só usa para pequenas produções, você pode trabalhar com ele fechado [...] 15 toneladas por hora você pode usar a mandíbula, também se usou, até recentemente se usava nos Estados Unidos a tendência era essa, a mandíbula grande massa de pedreira, se usava, cones, cones como rebritagem, aliás essas máquinas tem as características de trabalharem a compressão e a compressão não arrebentam os grãos de baixa dureza você simplesmente amassa eles. Enquanto no britador de impacto você arrebenta com ele, você joga ele contra uma parede, os grãos frágeis se rompem viram pó, não amassam então você garante um produto de maior dureza, por isso que se usa britador de impacto, essa é a máquina adequada para entulho.

Agora se você vai britar um entulho que só tem concreto, como é o caso [de uma outra obra], não tinha nada de terra, nada de grãos, então o mandíbula vai bem pode, usar até cone, lá se usou mandíbula, igual ao da usina C. [ENTREVISTADO D1]

(8) Transportadores de correia

Compostos por motor elétrico e conjunto de tambores e correia, podem ser fixos ou móveis. Em uns dos apoios, possuem rodas locomovendo-os em guia de concreto – detalhe à esquerda na Figura FD9 (página 108).

(9) Separador magnético automático

Trata-se de um ímã posicionado no final do primeiro transportador de correia, responsável pela retirada de metais que permanecem entre o material britado; a Figura FD6 (página 107) mostra seu funcionamento.

(10) Peneira vibratória

Apoiada em estrutura metálica, Figura FD9 (página 108), é constituída por caixa metálica em que o agregado é lançado nas superfícies de peneiramento. São produzidas vibrações que resultam em movimentos que deslocam o agregado ao longo do corpo da peneira, pelas várias telas, classificando-o nas respectivas faixas granulométricas.

Os equipamentos e as operações da usina são monitorados por funcionário qualificado situado na torre de controle, que permite uma visão global de todo o conjunto, como ilustra a Figura FD7 (página 107).

[...] tudo isso é comandado por um quadro de comando que esta colocado em uma parte alta, onde o operador consegue ter visão total da planta. A energia elétrica é fornecida por um gerador diesel, mas já existem planos, já existe toda uma infra-estrutura para instalação de rede elétrica externa. [ENTREVISTADO D1]

A torre de controle possui dois pavimentos; na parte inferior, encontram-se os painéis de comando; no piso superior, um espaço reservado para o pessoal que cuida da segurança da usina.

[...] A parte de baixo é o painel de controle da usina onde ficam botões certinhos e a parte cima a vigilância, é a parte mais alta onde fica a segurança à noite, seguro e fazendo a segurança. [ENTREVISTADA D2]

e) Produto:

A usina produz “bica corrida” e agregados reciclados classificados em cinco faixas granulométricas (Figura FD10, página 108): areia, pedrisco, pedra 1, pedra 2 e pedra 3. Na etapa de processamento desses materiais, na alimentação do britador, são gerados finos que passam pela grelha do equipamento, sendo depositados em uma esteira lateral, fora do sistema, verificado

na Figura FD7 (página 107). Pela predominância de finos é recomendável sua aplicação em cobertura de aterro.

[...] Esse é o grelhado que foi batizado por mim e pelo coordenador de operações, sei que ele passa pela grelha, ele é fino, então ele ficou nome de grelhado, ele é batizado como grelhado, como bica corrida, areia pedra e pedrisco, assim ele se chama grelhado, como quem vem solicita o grelhado.[ENTREVISTADO D2]

A produção do agregado reciclado é estabelecida antes de seu processamento, em função de sua demanda, ou seja, o usuário solicita o agregado reciclado desejado.

[...] eu faço uma programação, eu tenho os pedidos, “ah! eu quero x metros de pedriscos” [...] conforme chega os pedidos é o que eu vou trabalhar [...] tenho um pedido de 500 m³ de brita graduada então, segunda-feira tenho que processar concreto novo [...] esse vai para uma obra específica de pavimentação [...] [ENTREVISTADO D2]

Além da “bica corrida”, gerada sem peneiramento, a usina produz “bica corrida graduada”, composta de porcentagens pré-estabelecidas pelos técnicos da prefeitura; trata-se de uma mistura graduada de areia, pedrisco, pedra 1 e pedra 2, não entrando na composição a pedra 3.

[...] bica corrida na hora que ela passa no britador ela vai toda a granulometria, tudo junto. A bica graduada, eu pego porcentagem da pedra 2, porcentagem da pedra 1 e porcentagem do pedrisco, porcentagem da areia, eu não ponho a pedra 3 [...] eu faço uma mistura [...] nós fizemos ensaio no laboratório [...] foram eles que passaram a porcentagem. [ENTREVISTADO D2]

Durante a visita, foi observado que a matéria-prima era composta por tijolos e cerâmicas; conseqüentemente, estava sendo produzido agregado com predominância de material vermelho, recomendável para utilização em vias de acesso.

[...] não estou britando mais concreto [...] está saindo areia, pedra 2, pedra 1, pedra 3 e o pedrisco [...] saindo [para usuário] cobertura de ruas [...] pedra 3 esta sendo feita toda a estrada do aterro sanitário com ela [...] [ENTREVISTADO D2]

Dessa forma, após o processamento e peneiramento da matéria-prima, são gerados agregados de acordo com a matéria-prima que alimenta o britador. Produzem-se agregados de britagem de concreto e rocha, da britagem de materiais cerâmicos e da britagem de demolições ou fresagem de pavimentos asfálticos.

A aplicação e o uso dos materiais reciclados, atualmente, é exclusividade da prefeitura e subprefeituras, que os utilizam na execução de obras (praças, saneamento etc.), em pavimentação como base e sub-base e cobertura de lixo no aterro sanitário, localizado ao lado da usina.

[...] todo dia chega um material diferente [...] o tijolo quando vem inteiro eu estou separando porque há muito pedido de tijolo, madeira, [...] aqui é prefeitura então [...] tudo que sai daqui então [...] é da prefeitura [...] eles perguntam o que eu tenho de estoque [...] eu preciso deste material, eu pré agendo por telefone e chega o caminhão aqui com o memorando falando o material que precisa a quantia e a onde vai

aplicar [...] vai só para obras públicas praças, parques, manutenção, pequenos remendos a prefeitura faz a substituição de agregado natural [...] [ENTREVISTADO D2]

f) Atores sociais:

A usina, como já mencionado, abriga uma cooperativa constituída há alguns anos. Ela foi transferida pelo departamento social da prefeitura, garantindo, sem prejuízos para seus cooperados, o pleno funcionamento de sua atividade econômica. Funcionava em um aterro de inertes, que recebia resíduos sólidos de atividades construtivas. Houve intervenção do Ministério Público, que ordenou o encerramento do aterro. Então, criaram-se parcerias com a Secretaria de Desenvolvimento Social e a incubadora da universidade, que dão a assistência necessária e o apoio social.

[...] uma parceria que a prefeitura fez com a Secretaria de Desenvolvimento Social e tem uma incubadora da universidade que faz esse trabalho com eles, tudo que eles retiram é tudo deles não tem nada da prefeitura, nada mesmo, tudo deles, a madeira deles, os clientes deles, são clientes antigos, só transferiram de lugar, hoje eles tem alojamentos, tem ônibus que trazem eles, tem tudo, tem toda infra-estrutura..5 caminhões de 15 metros cúbicos por dia estimo 25% de madeira [...] olaria, pizzaria, tudo que tem forno [...] [ENTREVISTADO D2]

A etapa da pré-seleção (segregação e triagem) é realizada pelo pessoal da cooperativa, que retira da matéria-prima o que deve ser descartado e o que agrega maior valor, como madeira, plástico, papelão e metais, entre outros. Possui seus próprios clientes para comercialização de seus produtos, chegam a abastecer 5 caminhões por dia – o equivalente a 15 metros cúbicos de madeira, com valor estimado em 25% do total de material retirado durante a etapa de triagem. Esse material é destinado a olarias, entre outros.

É assim, cada quatro pessoas retiram o plástico, quatro pessoas retiram o papelão, quatro pessoas ficam atrás de material nobre, dez pessoas ficam atrás da madeira, então eles ficam fazendo rodízio, rodízio, cada um tem seu material para ir coletando, isso aqui é o rejeito a galharia, o poda, tem material que não serve para ser britado e nem para consumo rejeito.[ENTREVISTADO D1]

Na usina, a cooperativa conta com infra-estrutura, representada no layout (Figura 7.4): alojamentos, refeitórios, banheiros e vestiários. Constituída por 30 pessoas organizadas, conta com presidente, pessoal administrativo e financeiro; os cooperados têm um rendimento mensal em torno de quatro salários mínimos, conforme relato do entrevistado D1.

[...] toda cooperativa tem um presidente, um financeiro e um administrativo recolhimento de guia. Eles sempre me passou que chega a mil, mil e pouco, quatro salários mínimos eles tiram mais ou menos por mês cada um [...] [ENTREVISTADO D2]

A mão-de-obra na usina está dividida entre o pessoal administrativo e o pessoal de operação. Na administração da usina há coordenadora, estagiários, chefe de transporte, chefe de

operações, pessoal de limpeza, recursos humanos e apontador. Na operação, são necessários nove operários, distribuídos de forma alternada, nas seguintes tarefas: o operário na escavadeira, que espalha a matéria-prima; o operário que transporta o material até o alimentador; o controlador do painel, que observa toda a operação, interrompendo-a quando necessário (rompimento de uma correia, algum material indesejável no alimentador etc.); ajudantes no alimentador; catadores na esteira; e os que fazem a manutenção constante da usina.

[...] O processo de segregação uma pré-seleção, seria necessário 50 pessoas que tirar uma [...] [ENTREVISTADA D2]

[...] Agora você está envolvida num processo de segregação [...] e vai para dentro da britagem aí são mais, no mínimo, três pessoas, para a reciclagem por turno, tem que considerar também o pessoal de portaria, [ENTREVISTADA D1]

[...] tem o inspetor de carga, tem um apontador, tem que ter um segurança que abre a cancela, são mais três pessoas, daí tem a parte do alimentador, tem o que faz o controle de painel, tem que ser uma pessoa muito ágil [ENTREVISTADA D2].

[...] É uma pessoa que fica observando a peneira, observando a correia, se ela rompe, ela fica observando tudo, uma pessoa que quando entra um elemento indesejável no alimentador ela pára, tem que parar, mas não é ele que desce lá, então ele tem mais duas pessoas que auxiliam, ajudante de alimentador. Tem mais essas pessoas, tem mais um caminhão que vai alimentar nesta parte, mais três pessoas em cima do alimentador, são três na esteira, três catadores e mais dois que ficam fazendo a manutenção constante da usina. Então, lá embaixo são cinco [ENTREVISTADA D2]

[...] então nós estamos com dois, cinco, seis, sete e três na portaria e na operação da usina 9 pessoas. Nove pessoas para operar na recicladora de entulho. [ENTREVISTADA D1]

[...] Agora há sim, tem mais pessoas administrativo [ENTREVISTADA D1]

[...] a coordenadora, tem um chefe de transporte, tem um chefe de operações, eu tenho uma instrutora que é uma estagiária, ela é “os meus olhos”. Ela vai, vê tudo o que está acontecendo bem, mas precisaria de mais gente. [ENTREVISTADA D2]

e) Figuras: usina de reciclagem D.



Figura FD1 Pátios de descarga da usina de reciclagem.



Figura FD2 Alimentador vibratório : matéria-prima umidificada



Figura FD3 Alimentador vibratório:



Figura FD4 Conjunto equipamentos: britador e transportador.



Figura FD5 Vista lateral do conjunto de equipamentos.



Figura FD6 Transportador: mudança de direção. Separador magnético.



Figura FD7 Transportador fixo : produção de material originado do escalpe.



Figura FD8 Peneiras, transportadores fixos e empilhamento dos agregados.



Figura FD 9 Transportadores : móvel e fixo.



Figura FD10 Produto : agregados reciclados

7.5 Usina de Reciclagem: E

A investigação nessa usina foi realizada pela visita técnica à empresa municipal de desenvolvimento habitacional e à usina de reciclagem *E*. O pesquisador entrevistou o responsável pela implantação da usina, aqui designado por entrevistado *E1*, e o coordenador da usina, entrevistado *E2*.

Com os dados coletados nas entrevistas e com as observações realizadas *in loco* foram elaborados os tópicos apresentados a seguir.

a) Dados gerais:

Em 2001, a empresa municipal de desenvolvimento habitacional manifestou seu interesse pela implantação de uma usina de reciclagem dos RCD e seus administradores iniciaram estudos de viabilidade. Visitaram a usina *A*, a mais próxima da cidade, e vislumbraram a possibilidade de reduzir os custos municipais com obras públicas, habitação popular, pavimentação e a comercialização de artefatos de concreto.

No ano de 2002, solicitaram consultoria à empresa especializada em gestão de resíduos sólidos que desenvolveu os projetos para a implantação da usina e sua instalação.

[...] no final de 2001 [...] fomos fazer essa visita; em 2002 [...] nós já contratamos o projeto. O projeto foi desenvolvido e na seqüência nós já instalamos[...].

Ela nasceu de uma necessidade que a gente tem num segmento habitacional, da gente, diminuir os custos na produção e nas unidades populares. Nós tomamos conhecimentos através de uma cidade vizinha, [...] e nós fizemos uma visita [...] e conhecemos, e vislumbramos; daquilo, a possibilidade. Visando, daquele resíduo sólido de construção processados de alguns insumos que poderiam diminuir, enfim, custos destas unidades habitacionais. E, também, vislumbramos uma outra utilidade, a auto sustentação financeira da empresa, porque nós somos uma empresa pública. É nossa sustentação financeira...e de estarmos utilizando este material. Base para pavimentação, derivado de pedrisco, pedra, areia, que nós estamos utilizando isso, na produção de blocos e bloquetes para a comercialização [...] Através desta visita nós fizemos o contato e ficamos sabendo que havia uma consultoria especializada [...] e passamos a ter um diálogo com essa consultoria e, de pronto, passamos a entender que era [...] uma questão de um município como um todo; principalmente, no passivo ambiental [...] E, também, na diminuição do custeio da prefeitura porque os materiais já jogados em lugares impróprios, além deles deteriorarem o meio ambiente, eles também geram um custo na remoção destes materiais e, também, é uma diminuição do custo da pavimentação asfáltica; cabe usar o material que a gente chama de lajão britado, que é uma capa que antecede a rocha sedimentada [...] como nós temos uma malha rural muito grande e também alguns bairros não eram pavimentados se utilizou este material de larga escala para se evitar a questão do barro etc [...] Só que este material não serve como [...] base para pavimentação, então, isso gera um custo adicional. Se vai fazer um projeto de pavimentação, a empresa vai calcular a retirada deste material e depois, vai ter que jogar este material. Além de você diminuir, também, a vida útil destas jazidas minerais que já são escassas na região. Então, quando a gente vislumbrou todo esse contexto da complexidade deste projeto, nós nos apaixonamos literalmente e fomos até o nosso prefeito e pedimos que fizéssemos uma apresentação. [ENTREVISTADO E1]

A usina é administrada pela empresa pública, que sempre teve interesse pela reciclagem, levando os administradores a intervir por sua atual instalação.

Apresentamos aos poucos a nossa idéia e o prefeito, de pronto, entendeu seu projeto e relevância para o município; e criou uma comissão envolvendo outras secretarias, inclusive do Bem-Estar Social. Porque este projeto também deu uma dimensão de emprego, principalmente para os catadores que separam os materiais [...] Nós fizemos esta reunião coletiva e, a partir daí, então, a empresa teve a iniciativa e ficou incumbida de está contratando o projeto. [ENTREVISTADO E1]

Anterior à implantação da atual usina, em 1996, houve uma iniciativa da administração municipal, de reciclar os resíduos das atividades construtivas com a compra de equipamentos destinados à britagem desses resíduos; mas o programa não avançou – as questões do meio ambiente não eram preocupantes como na atualidade.

[...] Essa máquina já havia sido adquirida em 1996, só que ela estava apodrecendo na umidade industrial. Só que ela não estava sendo utilizada, muitos fatores que nos motivou ir atrás disso [...]. Fomos lá visitar quando assumimos.

[...] não havia um projeto de sustentação que, veja bem, que discutia até [...] que teve a idéia na época, uma pessoa do meio ambiente; e a idéia fundamental era processar os resíduos, um projeto de sustentação, porque projeto é muito complexo, ele envolve muitos segmentos. Se não tiver um apelo, por exemplo, na questão da iniciativa privada com os caçambeiros, que aqueles que geram os resíduos sejam empresas, construtoras, também os particulares, que também geram os resíduos, pequenas reformas; se não houvessem entendimentos com o Ministério Público [...] E com certeza isso aí não dá certo, então, a gente entende que na época apesar da idéia boa, dessa pessoa, desse professor, o professor [...], agrônomo, que apesar da idéia ter sido boa não tinha esta sustentação; não tinha essa consciência em relação ao meio ambiente. Os legisladores, nossos federais com os movimentos ambientais, lutavam; estava ainda assim um processo muito rudimentar. Esta questão, esta discussão, e agora tudo isso teve um acúmulo, conseguimos implantar efetivamente. [ENTREVISTADO E1]

O município tinha uma área disponível de 10.000 metros quadrados localizada em um bairro com população de baixa renda, como ilustra a Figuras FE1 e FE2 (página 121). Trata-se de um antigo matadouro que foi recuperado como patrimônio histórico. Atualmente, a área abriga a empresa municipal de desenvolvimento habitacional e a usina de reciclagem, que divide o espaço físico com a fábrica de blocos de concreto, indicada no layout (Figura 7.5, página 60).

[...] este local é um prédio, o antigo matadouro municipal, um patrimônio histórico tombado, patrimônio histórico que possibilitava, também dentro desta esteia, de uma reformulação maciça estrutural da empresa; está ajudando todo segmento da empresa. Ficávamos separados, administração do local de outro, o atendimento descentralizou tal... Nós vislumbramos possibilidade de concentrar todas as atividades do prédio administrativo e também concentrar nosso parque de produção industrial, dentro desse espírito nós fizemos um anteprojeto e junto com a I&T encaminhamos ao senhor prefeito municipal para instalar a empresa. O prefeito aprovou a idéia e depois disso tomamos as iniciativas necessárias e hoje estamos aqui instalados, produzindo como você verá no decorrer da sua pesquisa [ENTREVISTADO E1].

O uso do solo, na ocasião de sua implantação, era compatível com o empreendimento. Nas proximidades, havia vários pontos de deposições irregulares de resíduos; contribuía, ainda, a existência de vias de acesso fácil para transporte dos materiais.

O projeto foi desenvolvido. E como uma das áreas de concentração de deposição onde estamos instalados, que fica mais entre a região norte e oeste da cidade. Havia uma grande concentração de local irregular muito grande, próximo à rodovia que liga a cidade, então, nós nos deslumbramos de estamos instalados aqui [ENTREVISTADO E1]

A cidade gera 600 toneladas por dia de resíduos de atividades construtivas. A trezentos metros da usina está situado um centro de triagem que recebe os RCD.

[...] Então, fica próximo daqui, mas voltou a associação...os próprios caçambeiros estão gerindo o local. [ENTREVISTADO E1]

Esse centro de triagem é gerido por empresas de caçambas, e as dificuldades encontradas para sua implantação, por conta de interesses pessoais, são relatadas pelo entrevistado *E1*:

Sim os caçambeiros são cadastrados [...] são empresas contribuintes no município.[...] quando você quer implementar, às vezes pesa, todo um bom trabalho excelente da consultoria, mas há, às vezes, um excesso de zelo. Nós temos aqui empresas que, inclusive [...] são empresas que têm jazidas minerais [...], então, também é óbvio que no mercado eles não tenham muito interesse, pelo menos num primeiro momento. É que isso realmente, quer dizer, nós não sentimos pouco, essa pressão, mas na questão da formação da associação, não no nosso trabalho, nós aqui vamos trabalhando e [...], e se o pessoal, e nós, chegamos até aqui para poder trabalhar, receber direto de alguns caçambeiros de pequeno porte; justamente para poder demonstrar para eles que isso é viável economicamente, porque a empresa municipal, ou nós temos um objetivo mais no sentido de subsidiando a adaptação e nós não tínhamos o interesse de está processando todo o resíduo gerado, nem tínhamos estrutura, nós podemos ampliar, gostaríamos de ampliar com esse processamento, depende de um porte de investimento do poder público. Mas, a nossa grande idéia era processar uma parte disso de garantia, uma parte desse volume que é gerado para nós processarmos; é para aplicar na habitação, nessas obras que a gente faz, para essa população de baixa renda, não residindo em áreas irregulares, chamadas favelas, ou núcleos normais. Mas, sempre no intuito social. Reservar; você baixar custo para poder viabilizar essas áreas sociais, então por isso que nós fizemos tudo isso, dizendo: olha, vocês tem que se organizar porque isso aqui tem sustentabilidade, isso aqui é interessante porque, principalmente agora, essa legislação do CONAMA, há de se dar um destino para isso daí, qual seria a lógica deles se eles continuassem? Eles iam ser multados..., e ser caçados, as empresas ter problemas aí de fiscalização, aí, então, não é interessante para eles pelo ponto de vista econômico da gestão da empresa deles; quer dizer ficar dependendo da fiscalização. O mais racional, o mais lógico, era eles terem um entendimento e passarem a gerir esse volume que a gente não conseguiria estar processando [...]

[...] Mas, tivemos inclusive pessoas que trabalharam na contraposição da associação, interesse próprio. Na realidade é um empreendedor que já possui uma visão aguçada de mercado, é uma empresa do ramo. Ele já percebeu o 'filé mignon' que é esse setor. E ele trabalhou pouco, até que essa associação desse pra ele, pra atacar esse negócio...pra ele, você entendeu? Aí demonstra, realmente, que há credibilidade. [ENTREVISTADO E1]

A Figura 7.5 apresenta o layout da usina *E* com a disposição dos equipamentos:

1. Entrada e saída de caminhões: acesso aos pátios.
2. Portaria.
3. Descarga dos resíduos e área de triagem e segregação.
4. Rampa de acesso ao alimentador do britador.
5. Alimentador do britador.
6. Britador de mandíbulas.
7. Transportador de correia.
8. Separador magnético.
9. Moinho de martelo .
10. Peneira vibratória.
11. Transportador de correia fixo.
12. Guia em concreto para locomoção dos transportadores.
13. Empilhamento do agregado reciclado.
14. Transportador de correia móvel.
15. Empilhamento: leira.
16. Protótipos das unidades habitacionais.

Assim, representa-se na Figura 7.5 uma síntese do funcionamento da usina. Os caminhões entram na usina (1), são identificados na portaria (2) e autorizados a descarregar no pátio (3). A matéria-prima inspecionada e segregada é transportada, passando pela rampa (4), e depositada no alimentador do britador (5), que retêm os finos por meio da grelha existente.

O alimentador lança a matéria-prima na câmara de britagem, na qual é triturada pelo britador de mandíbulas (6), transformando-se em fragmentos que são depositados na correia transportadora (7). A seguir, há um eletroímã (8) posicionado acima da correia, que retira materiais metálicos ferrosos do processo.

Os fragmentos continuam sendo transportados até chegarem à caixa da primeira peneira (10), na qual os fragmentos maiores são encaminhados para o moinho de martelos (9). Os passantes são conduzidos pelo transportador de correia móvel (14) e empilhados como leira (15). Dessa forma, tem-se a alternativa de produzir “bica corrida” (15) ou outras granulometrias (13), conforme desejado, mudando a direção da primeira esteira (11) na saída do moinho de martelo.

Então, na saída do moinho de martelo, os fragmentos que seguem pelo transportador (11) são classificados, ao passarem pela segunda peneira (11 A), em agregados reciclados: areia, brita 0, brita 1 e passantes.

A mobilidade da esteira é permitida a partir de rodas existentes em uns de seus apoios, que deslizam na guia de concreto (12); depois, os reciclados são empilhados (13).

Os protótipos das unidades habitacionais, com tipologia CDHU, em exposição (14), foram construídos com blocos de concreto fabricados a partir do material reciclado produzido pela usina.

b) Aspectos legais e efeitos da gestão municipal:

A prefeitura oferece soluções legais que incentivam o desenvolvimento das atividades econômicas de reciclagem, como as licitações de obras públicas, que começam a formalizar o uso do agregado reciclado.

Nós temos um decreto municipal que efetiva a utilização através das empresas que participam das licitações da prefeitura, fundamentalmente na questão de obras e pavimentação, aterros, e também execução de obras de galerias, de drenagem, para que eles também nos consultem. Faz parte de um decreto municipal, eles são obrigados à consultar os nossos preços, nós temos a disponibilidade desse material para serem usados nas obras públicas. [ENTREVISTADO E1]

O entrevistado destaca a importância da interação entre a prefeitura, o setor privado e a população. Ela é fundamental para o entendimento entre geradores e o município, contribuindo para o sucesso do programa para destinação correta dos RCD.

[...] Se não tiver um apelo, por exemplo, na questão da iniciativa privada com os caçambeiros que aqueles que geram os resíduos, sejam empresas, construtoras, também os particulares, que também geram os resíduos, pequenas reformas. Se não houvessem entendimentos com o Ministério Público, foi feito, se não houvesse entendimento com a Câmara dos Vereadores para aprovação do projeto, isso ainda não foi feito, única ponta que ficou meio aberta, aí fundamentalmente é o executivo. [ENTREVISTADO E1]

A resolução do CONAMA motivou a elaboração do anteprojeto de lei que regulamenta as questões referentes à destinação dos RCD. O anteprojeto será encaminhado à Câmara Municipal após a adesão do setor, já que os caçambeiros questionam as conseqüentes interferências que a regulamentação pode trazer para suas atividades atuais.

Existe uma minuta de projeto de lei, fundamentalmente depois que foi luz da celeuma que, [...] Nós temos um projeto de lei, porém como nós tivemos muitos percalços nesse processo, fundamentalmente uma dificuldade grande no diálogo com os caçambeiros, na formação da associação dos caçambeiros, na realidade entre eles acabou ocorrendo uma disputa muito grande interna, porque nós temos aqui pequenos caçambas, empresas que trabalham com pequenos volumes, e nós temos grandes empresas, obviamente que a partir do momento que montamos a usina, que foi demonstrado pela consultoria, enfim, na prática é uma coisa viável. Também, é a uma possibilidade de ganho econômico nesse processo, aí é natural, dentro da iniciativa privada que haja esta disputa e tal. Então, a gente, assim diria a você que isso, o projeto de lei, só não foi encaminhado à Câmara porque a gente não conseguiu está trabalhando, com esta questão dos caçambeiros. Agora, cabe ressaltar que a primeira fase do projeto de implantação a Empresa Municipal de Desenvolvimento Habitacional coordenou, já esta outra fase posterior, ficou mais a cargo da Secretaria do Meio Ambiente e [...] aí houveram dificuldades no sentido de entabular essas negociações e tal. Apesar de todo apoio do Executivo, Ministério Público, enfim, mas a grande dificuldade ao meu ver, foi a questão dessa organização, não avançou [...] [ENTREVISTADO E1]

c) Matéria—prima:

A matéria-prima é fornecida pelo centro de triagem localizado próximo à usina, mencionada anteriormente, chamada de unidade de recebimento de resíduos sólidos. Nessa unidade, os resíduos das atividades construtivas passam pelo processo de triagem: os catadores retiram papéis, plásticos, madeira, enfim, o que tiver valor comercial; em seguida, os resíduos são considerados como matéria-prima e transportados para usina.

[...] um grande esforço no sentido de está tentando ter alguma coesão do pessoal, nós conseguimos estar viabilizando uma área transbordo e triagem próximo [...]
[...] Os resíduos vão para lá, e lá é feito uma triagem que pode ser processado e encaminhado pra nós [...]
[ENTREVISTADO E1]

Ao chegar à usina, o caminhão descarrega a matéria-prima, Figura FE1 (página 121), que passa por uma inspeção visual; na seqüência, dois operários complementam a triagem, fazendo a segregação; assim, os resíduos passam por duas etapas de triagem.

[...] esse procedimento: ao chegar esse material que é trazido do centro de triagem para cá, tem uma inspeção visual quando chega aqui [...] [ENTREVISTADO E2]

[...] caminhão chega, descarrega e eu tenho duas pessoas que ficam ali, catando resto, o pessoal pega o que interessa para ele, qualquer coisa, então, tem que fazer duas pessoas; para ver o que eles fazem, eles umedecem o material e retiram o resto, aí a carregadeira faz o carregamento processo [ENTREVISTADO E1]

Durante a visita, foi observada a predominância de concreto na composição da matéria-prima que estava sendo processada. Há um procedimento de separar os resíduos de composição diferente.

[...] geralmente este tipo de material que chega, eles são mais vermelhos ou mais concreto, é muito variável. Tem uma tendência, você vai ver depois o monte, lá, que eu tenho inclusive separado, lá. Tem material de concreteira, que é só concreto mesmo, areia, pedra e cimento, material de concreteiros. Eu separo porque no início, você vai ver o bloco ali, nós fazíamos o material reciclado só com aquilo lá; só com aquele material já dá a tonalidade, depois do bloco que é pressionado; aí fizemos alguns testes com eles, com este material mais vermelho e tivemos bons resultados também, então, penso de ficar separando, separando. [ENTREVISTADO E2].

d) Processo de reciclagem:

No processo de reciclagem foram observados alguns procedimentos: inspeção visual do material contido na caçamba, descarga, segregação e triagem, alimentação do britador, britagem, separação magnética dos metais ferrosos, peneiramento e empilhamento. Dessa forma, pode-se dividi-lo em três etapas: descarga, britagem e peneiramento.

▪ Descarga e triagem

A matéria-prima descarregada na usina é umidificada e passa por uma segunda triagem. A Figura FE3 (página 121) mostra a área destinada ao recebimento da matéria-prima e o caminhão descarregando; observa-se um operário próximo a descarga, realizando a triagem.

▪ Britagem

A matéria-prima é transportada pela pá carregadeira até o alimentador do britador; existe uma rampa de acesso, ilustrada na Figura FE4 (página 121), que permite o depósito direto desse material. Em seguida, a matéria-prima é umidificada e passa pelo britador de mandíbulas, pelo eletroímã e pelo moinho de martelos, conforme a Figura FE7 (página 122).

▪ Peneiramento

Os materiais britados são conduzidos pelos transportadores de correia até a peneira, que gerará as granulometrias desejadas. Em seguida, os materiais reciclados são transportados pelas correias, indo até o empilhamento.

[...] tem uma peneira também que eu posso mudar por peneira fixa, eu tenho peneira de 2 polegadas e tenho peneira de 1 polegada. E eu também trabalho com o tipo de material que eu preciso. Se eu trabalhar com 2 polegadas vai passar mais material, eu mando menos material para o martelo, eu vou misturar menos, tudo de acordo com a minha necessidade [ENTREVISTADO E2].

No momento da visita, os agregados reciclados estavam estocados, como mostra a Figura FE11 (página 123), e disponíveis para consumo na própria usina. Foi observado que o espaço físico só permite estocagem a curto prazo.

A respeito dos equipamentos, foi relatado que a usina adaptou-se aos adquiridos em 1996. O conjunto é constituído por alimentador vibratório (1), britadores (2), transportadores de correias (3), separador magnético (4) e peneiras vibratórias (5).

(1) Alimentação do britador

O alimentador vibratório está apoiado em estrutura metálica e é constituído por mesa vibratória e grelha, cuja grade limita o tamanho da matéria-prima a ser processada. Na Figura FE7 (página 122) observa-se o tamanho dos fragmentos da matéria-prima.

(2) Britador de mandíbulas e moinho de martelo

O britador de mandíbulas é um britador primário constituído por mandíbulas, que são reguladas segundo o que se quer produzir. À medida que se apertam as mandíbulas, a matéria-prima vai sendo mais comprimida, produzindo agregados de diferentes granulometrias.

O moinho de martelos tritura a matéria-prima, por meio de martelos que giram permanentemente. Ele está localizado ao lado da peneira, ilustrado na Figura FE8 (página 122).

(3) Transportadores de correia

Trata-se de um conjunto formado por tambores e correia, que são responsáveis pelo transporte do material durante o processo de reciclagem. Transportam a matéria-prima, que sai do britador, passa pelo eletroímã apresentado na Figura FE6 (página 122) e chega à peneira.

O transportador móvel possui rodas em uns de seus apoios, permitindo o deslocamento sobre guia de concreto, que pode ser observada nas Figuras FE5 e FE9 (página 122). Os apoios fixos possuem uma pequena mobilidade, permitindo uma variação angular mínima.

(4) Separador magnético

Está localizado no final do primeiro transportador, como mostra a Figura FE9 (página 122); é um ímã que retém os objetos ferrosos que não foram removidos nas etapas anteriores.

(5) Peneiras vibratórias

Elas são constituídas por caixa metálica apoiada em estrutura metálica e classificam o material em função da granulometria desejada, como ilustra a Figura FE9 (página 122).

e) Produto:

O agregado reciclado produzido poderá ter diversos usos, como mobiliários e recuperação urbana, aterros e pavimentação, entre outros. O entrevistado *E1*, no próximo relato, comenta o uso desse reciclado em aterro na implantação de um conjunto habitacional com 616 unidades. O terreno onde está implantado esse conjunto possui grande declividade e pôde ser conformado por platôs, utilizando o agregado na etapa de movimento de terra; além disso, houve a utilização como base nos acessos internos do conjunto.

[...] um terreno que tem, que precisa fazer um aterro, em vez de você colocar uma terra nobre [...] ele tem o custo menor que as jazidas naturais. Então, ele pode trabalhar com 70% do aterro com esse material e colocar 30% de terra boa, [...] para fazer uma jardinagem e pode ser feito casas que tem um potencial maior para utilização. Eles vão fazer aquele jardim, etc, pode usar o pedrisco, este material que é muito belo, nós usamos em nossas praças públicas [...] nós estamos com um empreendimento de 616 unidades habitacionais e nós estamos utilizando este material para fazer o aterro, porque lá, o terreno é em declínio. Nós estamos aproveitando o terreno, o material que vai ser feito lá, o aterro e este material e possivelmente utilizaremos na sub-base da própria pavimentação, entendeu? E podemos usá-lo ainda, porque a gente já acertou o traço do bloco, nós chegamos num traço que deu uma margem interessante, pois o engenheiro vai explicar e mostrar inclusive o produto, mas nós podemos estar também produzindo os blocos, já utilizando este material em larga escala, isso traz uma diminuição de custo. [ENTREVISTADO E1].

Segundo o entrevistado, os agregados reciclados podem ser aplicados na construção de praças públicas. Poderão ser utilizados nos mobiliários urbanos, componentes da jardinagem e pisos. Bairros próximos à usina estão passando por recuperação urbanística, utilizando-se dos reciclados em serviços como drenagem e pavimentação.

[...] Perfeito, nós estamos fazendo a regularização em dois bairros, dois núcleos que eram favelas. Hoje na realidade, hoje ainda são bairros que ainda faltam infra-estrutura. Então, nós vamos fazer, estamos fazendo drenagem e pavimentação, o material que será utilizado de base será o resíduo sólido. [...] um fica por essa nossa região, que é considerada norte e o outro fica na região oeste. Então, nós vamos estar utilizando sim, já que a gente pretende utilizá-lo no mobiliário urbano; que é aquele projeto urbanístico onde você tem uma pracinha, o paisagismo a gente quer usar o pedrisco que é muito bonito, ele fica muito bonito. Ele tem, também, a questão térmica, ele é mais frio; então, ele ajuda a manter a umidade. Enfim, tem toda essa utilização aí, e falta pesquisa que pode ser feita em cima disso aí, é um campo muito vasto. [ENTREVISTADO E1].

Durante as obras de recuperação da área atual onde está instalada a usina, foram utilizados os agregados reciclados produzidos na própria usina, na construção dos acessos internos e externos e na execução dos muros de divisa.

Fizemos aqui a recuperação do matadouro e agora já é a nossa sede. Todo projeto, na entrada ali, nós utilizamos [...] um trecho de mais ou menos 70 metros que é a sub-base, que é feita com reciclável. Está lá na frente, está enterrado ali debaixo do asfalto, é isso [ENTREVISTADO E1].

A usina possui dois estágios de produção. No primeiro, os reciclados gerados são designados por “bica-corrída”, utilizados geralmente como base e sub-base nos serviços de pavimentação. No segundo estágio, Figura FE10 (página 122), são gerados pedra, pedrisco e areia, aplicados na substituição de cascalho, em drenagens, confecção de blocos e argamassa de assentamento.

[...] Nós temos no primeiro estágio o material que sai tipo bica-corrída, que a gente chama bica-corrída para fazer base, sub-base para pavimentação asfáltica. Nós temos um outro produto que é o pedrisco, pedra, areia. A pedra é muito usada aqui, é para substituir o cascalho; para fazer assim, regiões de pátio onde tem caminhões, é usado também pra fazer, você vai fazer uma drenagem usa bastante isso daí também. O pedrisco [...] é também bastante utilizado para fazer áreas de passeio, áreas verdes ou trocar o siute [...] e a gente utiliza no bloco e areia porque tem uma experiência aqui com argamassa de assentamento e revestimento, assim ainda não, mas é utilizado também na fabricação do bloco, bloco tem que usar areia e pedrisco. [ENTREVISTADO E2]

A fábrica de blocos, apresentada na Figura FE13 (página 123), está equipada para produção, mas no momento da visita não estava em operação.

[...] Hoje nossa fábrica está parada em função de levar esse pessoal para uma outra unidade onde está construindo, que o pessoal nosso é universal trabalha aqui, trabalha na seguradora na parte civil, nós temos já alguns quantidade razoável de bloco armazenado, o suficiente até o final do ano, e depois nós vamos retomar essa produção, mas tudo dentro com material reciclável, cerca de 42% ou 45% de material reciclável, tudo ensaiado a dez mil, como manda a norma, cada 10 mil blocos faz o ensaio [ENTREVISTADO E2]

Os blocos produzidos e apresentados na Figura FE12 (página 123), segundo o entrevistado, foram ensaiados por laboratórios técnicos credenciados, chegando a atingir resistência de 2,8 MPa, atendendo os critérios das normas aplicáveis.

[...] e já foi feito laudo no bloco? [Pesquisador].
Já temos, já fizemos, já ensaiamos blocos com a escola de engenharia aí, e a resistência mínima da ABNT 2.0 MPa, nós conseguimos um mínimo de 2.8 MPa. [ENTREVISTADO E2].

Quanto à aplicação dos agregados reciclados na argamassa de assentamento e revestimento, não foram realizados ensaios normativos, mas foram feitas experiências bem-sucedidas no próprio local, no assentamento de blocos do muro de divisa citado anteriormente. Já se passaram quase dois anos e até o momento não apresentaram patologias.

[...] e quanto de argamassa de assentamento ela, também foi feito laudo dela? [Pesquisador]
[...] Não, não, porque essa argamassa de assentamento é a parte mais civil, que estava coordenando, ele fez todo o muro nessa volta aqui você vê o tom da argamassa é diferente, parece que tem saibro na massa [...] Fazem quase dois anos [...] E está em pé [...] essa argamassa contém também terra no meio. É não se usa cal, você faz a mesma porcentagem, mesma que você usa na comum, só que você substitui areia nova por esta a mesma porcentagem, ela tem mais terra, por isso que eu falei, ela cai para o lado do saibro. Ela dá uma liga, por isso que os pedreiros gostam de trabalhar com ela, porque ela dá uma liga mais gostosa, trabalha para pega, absorve mais, e também porque ela tem uma mistura de cal de cimento tem, tem já é enriquecida embora seja um material reciclável ela tem cal e cimento.[ENTREVISTA E2]

Foram registrados, nos relatos a seguir, o interesse permanente da empresa municipal de desenvolvimento habitacional em inovações tecnológicas: na disponibilização dos produtos reciclados para pesquisas e na parceria com a Companhia de Desenvolvimento Habitacional do Estado de São Paulo (CDHU), desenvolvendo protótipos de unidades habitacionais, ilustrados na Figura FE14 (página 123).

[...] nós fizemos alguns ensaios com a BCP, é isso, mais no sentido de tecnologia de produção de bloquetes para tirar os traços desses insumos de artefatos de cimentos tal [...]

[...] eu peguei, contratei um profissional e tenho dois profissionais de engenharia e arquitetura fazendo uma pesquisa de novas tecnologias habitacionais; então, eles estão em todas as universidades que têm no seu escopo alguns departamentos de pesquisa. Esta questão é da habitação e dentro desse universo, surge a utilização desses insumos, um material alternativo para diminuir custo, isso está em curso inclusive [...]
[ENTREVISTADO E1]

[...] Esse trabalho aí tem o professor [...] que está fazendo o trabalho de mestrado [...] solo e cimento, está desenvolvendo em cima desta areia nossa aqui, esta areia que a gente usa na argamassa que eu falei aqui. Está desenvolvendo, em cima disto aqui, e ele está fazendo todos os ensaios, inclusive teor de produto químico; ele está fazendo tudo isso aí, não tem ainda, ele não fechou o trabalho, mas ele está trabalhando para fechar. [ENTREVISTADO E2]

f) Atores sociais:

A empresa municipal de desenvolvimento habitacional, que administra a usina, é parceira das secretarias municipais de habitação e do meio ambiente, todas subordinadas à gestão municipal. Nesse universo existem mão-de-obra direta e indireta, funcionários temporários e fixos. Foi observado, durante a visita, que na operação do processo de reciclagem dentro da usina pode-se contar no mínimo com dois funcionários fazendo a triagem, um motorista conduzindo a pá carregadeira, um operador dos equipamentos de britagem, um funcionário próximo ao separador magnético e um ajudante no pátio de empilhamento.

[...] a reciclagem, a Empresa Municipal de Desenvolvimento Habitacional, não sei se você sabe ela é um tipo de secretaria da Prefeitura, Secretaria de Habitação, é este projeto, e muito amplo. Então, não é só a Empresa que administrou isso aí, tem a Secretaria do Meio Ambiente que ela trabalha questões do meio ambiente mesmo. Você está pegando a caçamba e jogando num aterro área verde, então, ele tem ponto para limpar toda área, tem caminhão, tem gente, tudo. Então, esse pessoal da Secretaria do Meio Ambiente que criou essa área (Centro de Triagem) criada; entrou a parte do desenvolvimento social para pegar e treinar esse pessoal, e está levando para lá (usina). Então, é uma ação de toda secretaria.

Hoje estou trabalhando com 2 para fazer a triagem, lá na frente, umedecer. Eu tenho 1 operador de cima, tenho 1 na esteira e 1 em baixo; 5 pessoas mais o operador da retro-escavadeira. [E2].

Os fornecedores da matéria-prima são os caçambeiros, que depositam o material no centro de triagem, conforme relato do entrevistado *E2*, acima, possibilitando a geração de emprego para as atividades de triagem, conferido no relato do entrevistado *E1* a seguir:

[...] o prefeito, de pronto, entendeu seu projeto e relevância para o município; e criou uma comissão envolvendo outras secretarias, inclusive do Bem-Estar Social, porque este projeto, também deu uma dimensão de emprego, principalmente para os catadores que separam os materiais [...] [ENTREVISTADO E1]

No que se refere à participação da comunidade, foi relatado que há interesse dela na aquisição dos reciclados. Ainda não existe, porém, infra-estrutura para comercialização e não há escala de produção que disponibilize os agregados reciclados aos eventuais consumidores.

[...] que estamos usando, inclusive tem uma empresa que veio nos procurar para ver. Coletou algum material para fazer alguma experiência, com mudas e tal. Era dedal para viveiros. Para utilizar esse material, também para o particular, só que você tem que montar uma estrutura, é como um material de construção. Tem que montar toda uma estrutura de produção, comercialização, entrega, para que esse produto chegue até ele. Agora, para você viabilizar isso, você tem que ter isso numa certa escala, senão a relação custo-produção, ela fica negativa [ENTREVISTADO E2].

g) Figuras: usina de reciclagem E



Figura FE1 Portaria: acesso de veículos.

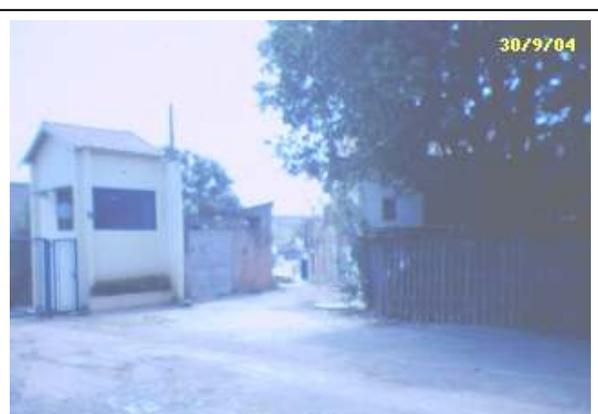


Figura FE2 Entorno: população de baixa renda.



Figura FE3 Operação de descarga.



Figura FE4 Rampa de acesso ao alimentador.



Figura FE5 Equipamentos: alimentador, britador, transportador e peneira.



Figura FE6 Equipamento: vista superior. Separador magnético.



Figura FE7 Alimentador conduzindo matéria-prima à câmara de britagem.



Figura FE8 Equipamentos: britador e peneira.



Figura FE9 Equipamentos: vista lateral. Guia em concreto.



Figura FE10 Produção de agregado reciclado.



Figura FE11 Estocagem: agregados reciclados.



Figura FE12 Aplicação: fabricação de blocos de concreto.



Figura FE13 Fábrica de blocos de concreto.



Figura FE14 Protótipo de uma unidade habitacional. Tipologia CDHU.

8 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta a análise dos resultados, descrevendo os aspectos relevantes para a avaliação da destinação dos resíduos de construção e demolição, desde sua chegada à usina até a produção do reciclado, atendendo o objetivo desta pesquisa.

A partir dos dados apresentados nas entrevistas e observação *in loco*, foi realizada a análise do conteúdo das entrevistas, identificando-se os assuntos relatados pelos entrevistados de cada usina; em seguida, os resultados foram agrupados e organizados em categorias e subcategorias, para interpretação.

As categorias e subcategorias foram definidas com base no roteiro de entrevista, nos relatos dos entrevistados e nas observações *in loco* e são resultantes da análise de todos os dados coletados. A Figura 8.1 facilita o entendimento dessas categorias e subcategorias.

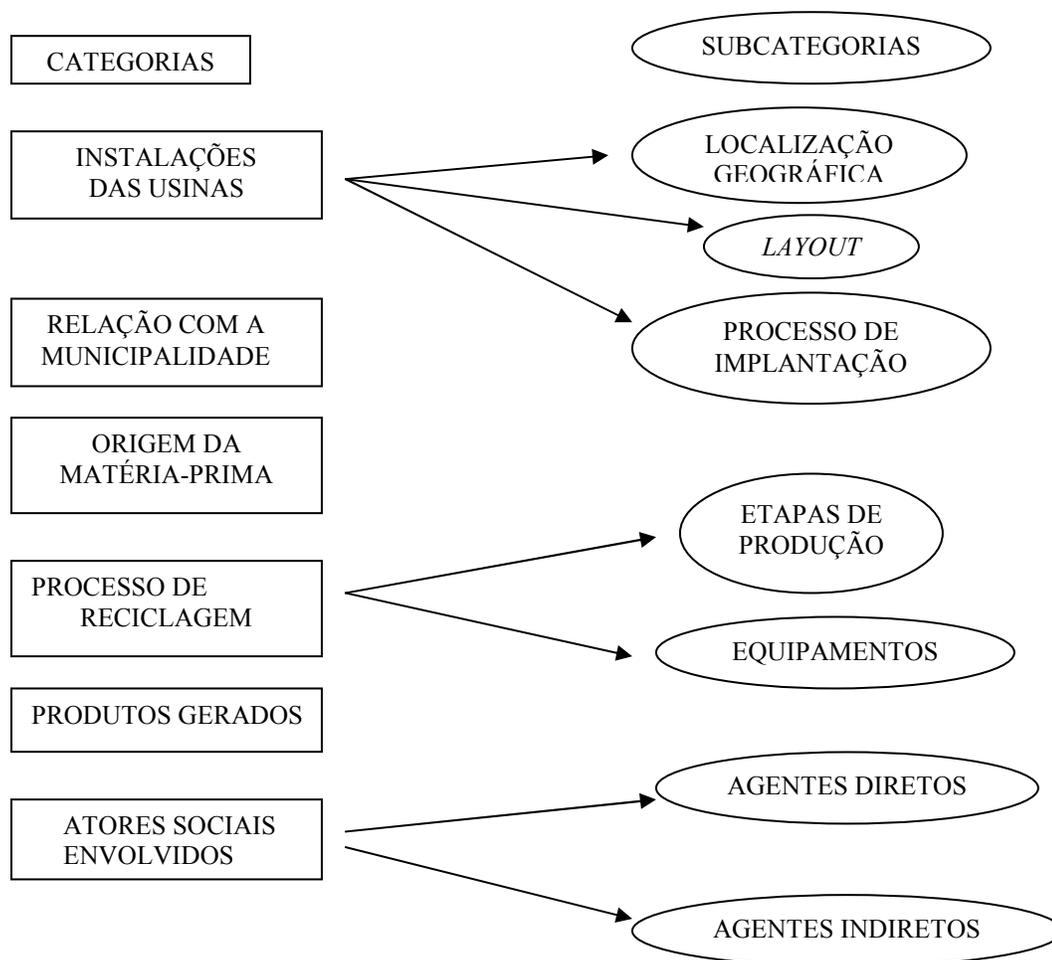


Figura 8.1 – Representação gráfica das categorias e subcategorias

8.1 Categoria – Instalações das Usinas

A análise dessa categoria foi baseada mais na observação do que nos relatos dos entrevistados, em razão da própria natureza da categoria.

Associadas às instalações das usinas têm-se as subcategorias, intituladas de localização geográfica, *layout* e processo de implantação. Serão analisados, a seguir, os aspectos pertinentes.

8.1.1 Localização geográfica

Foi constatado que as usinas estão instaladas próximas aos centros urbanos – conseqüentemente, próximas às fontes geradoras dos RCD – estão adequadas às distâncias convenientes aos usuários. Conta-se com boas condições de tráfego, contribuindo para a melhoria do fluxo de transporte.

As áreas ocupadas pelas usinas permitem classificá-las em pequeno e grande porte; trata-se, em várias delas, de áreas com vocação de recebimento de resíduos. A usina *B* está instalada em uma antiga pedreira, em área superior a 150.000 metros quadrados; antes degradada, a área foi recuperada pela utilização dos RCD no aterramento da cava. A usina *D* possui área aproximada de 100.000 metros quadrados e está localizada ao lado de um aterro sanitário. As usinas *A*, *C* e *E* possuem áreas inferiores a 4.000 metros quadrados inseridas em bairros com população de baixa renda (*A* e *E*) e com indústrias instaladas (*C*). Dessa forma, pode-se afirmar que o uso do solo é compatível com os empreendimentos: antiga pedreira (*B*), em área no entorno da qual encontram-se rodovia e empresas de sucatas (*C*), em área vizinha ao aterro sanitário (*D*) e em região de “bota-fora” (*E*). A característica de localização da usina *A* sugere que tenha sido usada como área de deposição irregular, mas na investigação esse fato não foi confirmado.

8.1.2 Layout

A pesquisa constatou que as usinas foram preliminarmente estudadas e planejadas, atendendo as questões logísticas de acessos e as questões operacionais. A distribuição dos equipamentos apresentados nos layouts mostram os elementos básicos, comuns ao porte de cada usina: pátios de descarga, pátios de estocagem, localização dos equipamentos de produção e administração.

Nos relatos encontram-se fatos que registraram o interesse dos responsáveis pelas usinas, ao visitar e conhecer o processo de reciclagem de outras usinas. A usina *A* inspirou-se na

experiência de Belo Horizonte, ao passo que os interessados em instalar a usina *E* investigaram a usina *A*, que já estava em operação. A usina *C* é freqüentemente visitada por público diverso: municípios conurbados, pesquisadores nacionais e internacionais. As usinas *B* e *D* também recebem visitas de pesquisadores e demais interessados. A usina *D* é equipada com sala de eventos, para diversas finalidades. Esses fatos demonstram a importância das usinas como modelo e motivação para geração de outras novas usinas.

8.1.3 Processo de implantação

As usinas podem ser consideradas como instalações móveis, pois foram projetadas para serem transferidas para outras áreas, se necessário. Como exemplo disso, tem-se a usina *B*, implantada originariamente na zona sul da cidade, em 1991, e que atualmente encontra-se em outra região (zona leste). Com exceção da usina *D*, as outras podem ser removidas sem prejuízo aos equipamentos.

Nota-se que as datas de implantação das usinas são recentes: 1999, 2000, 2002 e 2004, respectivamente usinas *C*, *A*, *E* e *D*, sugerindo interesse e preocupação crescentes com as questões referentes aos resíduos das atividades construtivas, sua destinação e reciclagem.

A Tabela 8.1 sintetiza características encontradas entre as usinas, interpretadas pelos relatos apresentados no Capítulo 7. Na Tabela 8.2, encontram-se trechos de relatos a respeito dessa categoria.

Tabela 8.1 – Instalações das usinas.

Usinas	A	B	C	D	E
Localização	Cidade interior	Grande centro urbano	Grande centro urbano	Centro urbano	Cidade interior
Área	3.500 m ²	150.000 m ²	3.500 m ²	100.000 m ²	3.500 m ² a 7.000 m ²
Porte	Pequeno	Grande	Pequeno	Grande	Médio
Data implantação	2000	1991	1999	2004	2002
Entorno	Bairro popular	Bairro popular	Bairro industrial	Aterro sanitário	Bairro popular
Área de vocação	“Bota-fora”	Pedreira	Indústria	Área ociosa	Matadouro “Bota-fora”

Tabela 8.2 – Instalações das usinas: relatos.

Usinas	Relatos
A	[...] Nós fomos em Belo Horizonte em 97/98, ver ela funcionando as máquinas funcionando, [...] fez um trabalho de adaptar [...] a nossa necessidade. E está funcionando. Porque [...] foi 2000, mais foi assinado no finalzinho do ano o contrato, e nós começamos a implantar no ano de 2001, foi o ano inteirinho para implantar, tal, para máquinas, para implantar porque é um processo muito complicado e porque você tem que deliberar, você tem que determinar que tipo de máquina, qual a capacidade, qual o roteiro, de que maneira que ela funciona, a planta, onde vai ser colocado cada máquina, tudo isso é muito, muito demorado. E aí o ano de 2000 inteirinho foi pra fazer esse planejamento [ENTREVISTADO A1].
B	Era uma pedreira antiga, né. Essa pedreira eles tomam a área e costuma ser reaproveitada. Então tão aterrando a área todinha, enorme desde 23 de outubro de 99 começou [...] Não é uma área particular [ENTREVISTADO B2].
C	[...] Eu comecei aqui em [...] 99, eu gerenciei uma empresa 23 anos, e aí me aposentei e achei que era novo e para manter a família... Comprei um caminhão e fui jogar um dia, estava com meu filho, fui jogar um dia uma caçamba no bota-fora, uma beirada de rio. Cheguei lá vi aquele absurdo [...] madeira [...] uma pessoa que tem [...] uma mente com uma preservação ambiental, cheguei na minha casa e fiz uma reunião com meus próprios filhos: olha isso que agente faz não pode fazer. Aí comecei a fazer reunião com o grupo [...] caçamba fazer primeiro uma conscientização e hoje Graças a Deus São Paulo já está bem evoluído através destas idéias [ENTREVISTADO C1].
D	[...] temos licença da Cetesb [...] para instalar numa área adequada, faz parte do Complexo Delta (aterro sanitário) aqui é uma área industrial própria como se foi feito licenciamento certinho pela Cetesb e nós temos nove exigências para estar atendendo, que é a contenção da poeira, contenção do ruído, tenho o projeto de drenagem que toda água que cai dentro da usina [ENTREVISTADO D2].
E	O projeto foi desenvolvido, e como uma das áreas de concentração de deposição onde um de nós está instalado, que fica mais entre a região norte e oeste da cidade, havia uma grande concentração de local irregular muito grande, próximo à rodovia que liga a cidade, então, nós nos deslumbramos de estarmos instalados aqui [ENTREVISTADO E1].

8.2 Categoria – Relação com a Municipalidade

A pesquisa mostrou que a gestão municipal tem papel fundamental na viabilização do mercado dos agregados reciclados, amparando as usinas por meio de legislações que incentivam a produção.

Foi verificado, nas usinas *E* e *A*, que ações municipais permitiram o uso dos reciclados em conjuntos habitacionais (*E*) e no programa municipal para autoconstrução, (*A*).

Na usina *C*, com administração privada, observou-se a necessidade de receber incentivos legais que possibilitem o incremento da produção, que pode ser obtido pela aquisição de máquinas mais eficientes, contribuindo, assim, para o aumento da produção dos agregados, uma vez que foi observado que, dentre as usinas pesquisadas, foi a que apresentou perfil para desenvolver o mercado consumidor, conferido pela venda significativa de agregados reciclados.

A usina *B* atualmente não consegue se beneficiar de seu alto poder de produção e está em momento de mudanças administrativas e em processo de licitação. Acredita-se que, em um futuro próximo, ações municipais resultem em obras municipais, consumindo os reciclados produzidos e, conseqüentemente, reduzindo custos e usos dos agregados naturais.

Pela pesquisa realizada na usina *D*, recém-inaugurada, percebe-se a influência da municipalidade fornecendo os subsídios necessários para seu pleno funcionamento.

A Tabela 8.3 sintetiza as ações municipais repercutindo nas usinas. Essas ações podem ser conferidas pelos relatos.

Tabela 8.3 – Ações municipais com repercussão nas usinas

Usinas	Administração	Ações Municipais	Relatos
A	Municipal	Programas de autoconstrução	[...] Essas pessoas fizeram um cadastro na Secretaria de Habitação que os acompanha em implantação de lotes urbanizados. A Prefeitura entra com lotes urbanizados num sistema de parceria com o proprietário, e eles estão construindo a sua própria casa, é a auto-construção [ENTREVISTADO A2].
B	Municipal	Cadastramento caçambeiros, Eco-pontos e ATT	[...]o objetivo fundamental é introduzir nas rotinas das pessoas esses conceitos, a prefeitura [...] informações básicas sobre Eco-pontos e ATTs e qual é o papel do cidadão simples contratar [ENTREVISTADO B1].
C	Privada	Não constatado	–
D	Municipal	Não constatado	–
E	Municipal	Legislação de incentivo ao uso de reciclado	[...] faz parte de um decreto municipal, eles são obrigados a consultar os nossos preços, nós temos a disponibilidade desse material para serem usados nas obras públicas [ENTREVISTADO E1].

As ações municipais relatadas nas usinas pesquisadas apontam a necessidade de um modelo sustentável, constituído por um conjunto de ações com apoio técnico e institucional, a exemplo de países como Japão, que têm políticas consolidadas desde 1993, com a Lei de Reciclagem Japonesa e a implantação de instrumento de política regulatória, como triagem obrigatória de RCD em obras e entrega obrigatória em unidades de reciclagem.

8.3 Categoria – Origem da matéria-prima

Constatou-se que as usinas recebem os RCD de duas formas distintas. A primeira, direto da fonte geradora, ou seja, a obra contrata os serviços de caçambas que transportam os resíduos até as usinas. A segunda, por meio de áreas de captação de resíduos, atualmente chamadas de ATT; essas áreas recebem os resíduos de seus geradores, avaliam o potencial de reciclagem e encaminham os resíduos para as usinas.

As usinas recebem os resíduos e os depositam em pátios preestabelecidos, conforme a predominância de material avaliada pela inspeção visual; evitam misturar as diferentes descargas: material vermelho e material considerado nobre, o concreto.

A composição dos resíduos recebidos pelas usinas tem em comum a diversidade e, conforme mencionado por diversos autores, há uma grande porcentagem de inertes, considerada como fração mineral, seguida de pequenas porcentagens de madeira, plástico, papel, metal, tintas e vegetais, entre outros. A partir da etapa de segregação, tem-se a matéria-prima, que, beneficiada, produzirá os agregados reciclados.

Na Tabela 8.4, tem-se a procedência das matérias-primas (fonte geradora ou ATT) e os trechos das entrevistas em cada usina. Em suas falas, observa-se o conjunto dos resíduos presentes nas viagens recebidas.

Nas usinas *A*, *C* e *D*, verificou-se que o recebimento é direto da fonte geradora, ao passo que a usina *E* recebe resíduos de um centro de triagem (ATT); na usina *D*, grande parte vem também de transbordos (ATT). Nota-se que, na usina *D*, predomina a quantidade de material vermelho como característica da cidade, em razão da presença de olarias na região e bairros residenciais; nas usinas *B* e *C*, localizadas em grandes centros urbanos, foi observada maior quantidade de concreto; nas usinas *A* e *E*, as proporções de material vermelho e concreto são semelhantes.

O estudo dessa categoria mostra que as atividades construtivas das cidades exercem influências sobre a matéria-prima dos reciclados, originada dos RCD.

Tabela 8.4 – Recebimento dos RCD

Usinas	RCD Recebidos	RCD Composição
A	Fonte geradora	[...] O que a gente tem feito: a madeira a gente tem até separado, o ferro a gente até tem separado para colocar em caçamba de ferro velho. Agora, muita coisa não dá, que aí vem barro, vem barro no meio, por exemplo, misturado vem barro [...] vem barro no meio [...] vem, as pessoas [...] sobra tinta, as pessoas jogam a tinta dentro da caçamba, isso tudo contamina o material [ENTREVISTADO A1]. O entulho de construção, a gente o divide em duas categorias aqui. A gente tem o resíduo que chega prá gente aqui, proveniente das demolições e das reformas, eles chegam em duas composições: uma composição é tudo o que é de concreto, uma demolição que a base é de concreto, seja uma parede de bloco ou uma [...] um contrapiso, uma calçada que foi arrancada [...] Então é isso, na parte do concreto, o trabalho é assim. É depois, a outra [...] outra fração de uma demolição é a parte de tijolo, telha, material cerâmico [...] [ENTREVISTADO A2].
B	ATT e Ffnte geradora	Você vai ver a montanha ali, você vê pouca coloração ou material cerâmico [ENTREVISTADO B2].
C	Fonte geradora	[...] aí eu tirei a conclusão que nestes esses 4200 m ³ recebidos geram 11000 de metal, gera 7.000 kg de papel, papelão, gera 4.000 kg de plástico, trilho também gera 2000 kg [...] [ENTREVISTADO C1].
D	Fonte geradora	[...] 90% do material, é cerâmico aqui é característica da cidade, por isso que não pode chegar, pegar esse projeto aqui e levar para Curitiba que não vai dar certo. Lá é outro material [ENTREVISTADO D1]. [...] o material chega na usina, ele é inspecionado [...] se ele é concreto puro ele tem um pátio [...] se ele é cerâmica pura ele tem outro pátio [...] se ele é misto tem outro pátio [...] tudo que entra tem os seus pátios de segregação [...] é difícil, mas, vem material limpo, quando é uma demolição é só aquilo [ENTREVISTADO D2]. [...] o material nobre do reciclado é retirado pela cooperativa guarrafa peti, plástico [...] [ENTREVISTADO D1]. [...] pequenos pedacinhos de papel, pequenos, pequenininhos, ela pega o que é maior e tem ficado rejeitos [ENTREVISTADO D2].
E	ATT	[...] Os resíduos vão para lá, e lá é feito uma triagem que pode ser processado e encaminhado pra nós [...] [ENTREVISTADO E1]. [...] geralmente este tipo de material que chega, eles são mais vermelhos ou mais concreto, é muito variável [ENTREVISTADO E2].

8.4 Categoria – Processo de reciclagem

O processo de reciclagem nas usinas está fundamentado nas operações realizadas na produção de agregados naturais: estocagem, britagem e peneiramento. Os equipamentos desempenham um importante papel na produção dos reciclados: as escolhas dos equipamentos de produção levaram em consideração o porte da usina, o *layout* e a disponibilidade de recursos financeiros.

Essa categoria foi dividida em duas subcategorias: equipamentos e etapas de produção.

8.4.1 Etapas de produção

Nas usinas investigadas, as etapas de produção são semelhantes e podem ser generalizadas nas operações de descarga, triagem e segregação, alimentação, britagem e peneiramento.

Foi observado que os caminhões, ao entrarem nas usinas *B*, *D* e *E*, passam por uma portaria, onde são identificados. Nas usinas *A* e *C* não existem instalações de portaria, mas o tráfego de caminhões é controlado a distância, pelo responsável presente; provavelmente, manter uma portaria representa um custo a mais para essas usinas de pequeno porte.

Os caminhões autorizados a entrar nas usinas passam por uma inspeção visual, as cargas são avaliadas e, se aprovadas, realizam-se as descargas nos pátios preestabelecidos; caso contrário, os caminhões não descarregam. Os pátios costumam ser definidos em função da composição dos resíduos; nas usinas *E*, *D*, *C* e *A* foram verificados estoques separados para material em que predominavam resíduo vermelho e concreto. Nos estoques da usina *B* foi verificado que a composição predominante era o concreto.

Nesses pátios de descarga, são realizadas as etapas de triagem e segregação; os resíduos, ao serem descarregados, são espalhados pela pá carregadeira, auxiliando as pessoas que executam a tarefa de separação e retirada dos rejeitos, que são acondicionados e encaminhados para comercialização. Dessa forma, tem-se a matéria-prima dos reciclados, que são os resíduos das atividades construtivas com o mínimo de rejeitos. Essa etapa foi observada com similaridade nas usinas *A*, *C* e *D*; na usina *E* observou-se que os rejeitos acumulados representavam uma porção mínima em relação a outras usinas, pois essa etapa já havia sido realizada na estação de triagem próxima à usina; a usina *B* também recebe os resíduos limpos das ATT.

A matéria-prima é transportada até o alimentador do britador pela pá carregadeira; em seguida, é depositada na calha do alimentador e conduzida à câmara de britagem. Observou-se, em todas as usinas, que nessa etapa a matéria-prima é umedecida e supervisionada por um operador que evita a passagem de pedaços com grandes dimensões e barras de aço.

A calha do alimentador conduz a matéria-prima para a câmara de britagem, onde é transformada em fragmentos de tamanhos e formas variáveis, conforme o tipo e a regulagem do britador. Nas usinas, constatou-se que a produção em escala depende da carga de alimentação que recebe o britador: a alimentação contínua agiliza e acelera a produção.

Na saída do britador, os fragmentos são depositados em correias que os transportam, passando-os por separadores magnéticos, com exceção da usina *C*, que não possui separadores. Em seguida, são encaminhados diretamente para empilhamento ou peneiramento. Na usina *A*, após a passagem nos separadores magnéticos o material é lançado em outro trecho de correia,

onde há mudança de direção, e encaminhado para a peneira; mas existe a opção de encaminhar o material, na mesma direção, para uma correia diretamente para empilhamento. A usina C possui um único trecho de esteira que transporta os fragmentos e deposita-os na caixa de distribuição, o mesmo que ocorre na usina E. No primeiro trecho da usina D o material é transportado até uma correia giratória, que encaminha os fragmentos para empilhamento ou para outro trecho de correia em direção à peneira.

Na etapa de peneiramento, verificou-se a classificação em faixas granulométricas dos agregados reciclados. Nas usinas A e C, os agregados são distribuídos em faixas granulométricas e nas respectivas baias. Nas usinas D e E foi observado que, após a classificação granulométrica, os agregados são empilhados na saída da peneira.

Na Tabela 8.5 as etapas do processo de reciclagem de cada usina foram sintetizadas em três operações: triagem, britagem e peneiramento, com seus respectivos relatos.

Tabela 8.5 – Etapas de processamento.

Usinas	Etapas	Relatos
A	Triagem e segregação	[...] aqui é a parte da chegada do material, aqui [...] pelos caçambeiros [...] Então, a gente procura dar uma separada no material [...] [ENTREVISTADO A2]. O material vem com bastante ferragem, vem um pouco de madeira e tudo isso daí tem que ser tirado, e é tirado manualmente mesmo, e vai ter uma pessoa que fica encarregado de retirar essa ferragem, pedaços de madeira [ENTREVISTADO A2].
	Britagem	Aí tem uma pá carregadeira, que é um trator. Ele vem aqui no monte assim [...] carrega ali e vai até o triturador, que é aquela máquina lá [...] então lá é jogado naquele funil, o material desce e cai numa mandíbula lá, onde vai triturar o material [...] [ENTREVISTADO A2].
	Peneiramento	[...] o resíduo de concreto passa por uma trituração, da trituração joga o resíduo num conjunto de peneiras, essas peneiras é [...] que elas vão fazer a separação do material por granulação. Então, vou conseguir resgatar o resíduo do concreto em quatro granulações [ENTREVISTADO A2].
B	Triagem e segregação	O entulho limpo entulho da coleta mecanizada vem pra cá, esse também é um deles [ENTREVISTADO B1].
	Britagem	[...] E o material, como eu falei para você, é descarregado no pátio superior é colocado no chão movediço que encaminha o material para dentro do triturador especificamente que é um triturador de martelo [ENTREVISTADO B2]. [...] Aquela caçamba tem um eletro imã para separa metal, material de construção .Se você não mexer nada, é o que chamamos de bica corrida, o material [ENTREVISTADO B2]. [...] Esta esteira última, final aqui, pode ser desviada para o grupo de peneiramento ou não [...] [ENTREVISTADO B2]. Aquele lá é um material processado sem peneiramento [ENTREVISTADO B2].

	Peneiramento	[...] o material triturado cai naquela peneira [ENTREVISTADO B2]. [...] peneiramento, uma série de peneiras que vai separando o material conforme a granulometria, então o material mais pesado sai nessa bica aqui, o mais pesado não o material maior, sai nessa bica, aqui sai o material já mais fino. Conforme o peneiramento que você tem aqui dentro desse conjunto você faz a separação [ENTREVISTADO B2]. Houve um peneiramento, foi feito peneiramento de material de granulometria maior é aquele. Aqui você tem material de granulometria menor mais já definido similar a um pedrisco [ENTREVISTADO B2].
C	Triagem e segregação	[...] seleção visual na hora que entra, depois descarregou o pessoal vai para poder limpar, entendeu, madeira tira aqui, plástico, quando é plástico joga na caçamba de papel, sucata, vidro, separa tudo [ENTREVISTADO C2]. [...] quando o caminhão chega ele vai é colocado, vai pra onde o material [...] É ele é colocado aqui até a mão de obra vem e limpar [...] [ENTREVISTADO C1].
	Britagem	[...] é que hoje a gente não tem este alimentador vibratório, então á concha da máquina vem descarregada, em uma estrutura metálica, e o menino puxa com a enxada o material para vim para o britador [ENTREVISTADO C2].
	Peneiramento	[...] e depois da britagem o material é peneirado, então, é colocado em estoque e conforme a necessidade do material o caminhão sai [...] [ENTREVISTADO C2]. [...] então a peneira faz a classificação. Então sai a pedra 1, aquela lá é uma pedra 2, sai o pedrisco, que agente utiliza [...] [ENTREVISTADO C1].
D	Triagem e segregação	[...] Agora você está envolvida num processo de segregação como ela chama, você tem uma escavadeira, escavadeira que abre o material, uma carregadeira que carrega o caminhão e vai para dentro da britagem [...] [ENTREVISTADO D1].
	Britagem	[...] o material que não passa nessa grelha cai no britador [...] [ENTREVISTADO D1]. [...] esse material britado cai uma esteira transportadora, numa correia, de baixa velocidade onde os catadores fazem a cata manual retira material indesejado plástico, pano, pedaço de madeira, pedaço de ferro. Complementando tem um ímã separador magnético automático que retira o material ferroso [ENTREVISTADO D1].
	Peneiramento	No extremo dessa correia tem uma correia giratória, correia radial, que leva o material pra pilha, uma pilha, portanto tipo feijão ou então leva para a peneira vibratória. E dá peneira classificada então os diversos materiais agregados [ENTREVISTADO D1].
E	Triagem e segregação	[...] caminhão chega, descarrega, né, e eu tenho duas pessoas que ficam ali, catando resto, o pessoal pega o que interessa para ele, qualquer coisa, então tem que fazer duas pessoas para ver o que eles fazem, eles umedecem o material, tá, e retiram o resto, aí a carregadeira faz o carregamento [...] [ENTREVISTADO E2].
	Britagem	[...] no primeiro estágio dele é a mandíbula, né, esmagamento, ele quebra o material por esmagamento, você regula essa mandíbula esta daí dá para regular de três polegadas e meia até meia polegada, e você vai produzir de acordo com a abertura que você colocar..., você tem um produto final também de acordo com aquilo [ENTREVISTADO E2].
	Peneiramento	[...] tem uma peneira também que eu posso mudar por peneira fixa, eu tenho peneira de 2 polegadas e tenho peneira de 1 polegada. E eu também trabalho com o tipo de material que eu preciso. Se eu trabalhar com 2 polegadas vai passar mais material, eu mando menos material para o martelo, eu vou misturar menos são tudo de acordo com a minha necessidade [ENTREVISTADO E2].

8.4.2 Equipamentos

O conjunto de equipamentos encontrados nas usinas pesquisadas é compatível ao porte e *layout* de cada usina, instalados de forma funcional e adequados a sua realidade. Na maioria das

usinas, o conjunto constitui-se de alimentador vibratório, britador, transportadores de correia, separadores magnéticos e peneiras.

Na usina *C*, constatou-se que os equipamentos podem ser criados e adaptados a partir da reutilização de equipamentos usados que pertenciam a pedreiras. Em contrapartida, a usina *B* é a mais equipada de todas: o custo de seus equipamentos é bem superior ao das outras usinas analisadas. Os equipamentos da usina *E* foram revisados e recuperados, adquiridos em outra gestão municipal, mas não tinham sido instalados. Os equipamentos mais modernos, com tecnologia européia, foram encontrados na usina *D*.

O alimentador vibratório encontrado nas usinas possui um formato de cone invertido e na face inferior encontra-se uma grelha, que permite a passagem de finos. Possui dimensões variadas conforme as características das usinas: os de maiores dimensões são os instalados nas usinas *B* e *D*. Na usina *C*, trata-se de uma calha metálica com dimensões reduzidas, adaptada para alimentação do britador, em que um operário, com auxílio de uma enxada, ajuda a encaminhar a matéria-prima à câmara de britagem. Esse processo de encaminhamento, nas outras usinas, realiza-se por um movimento linear provocado por pares de vibradores. Nas usinas *A* e *B* foram observados alimentadores vibratórios com dimensões intermediárias.

Os britadores encontrados nas usinas foram de mandíbula e de impacto. Nas usinas *A* e *C*, de pequeno porte, e com matéria-prima geralmente composta por concreto, o britador de mandíbula foi o equipamento mais adequado para uso; são moídos somente os pedaços maiores e, em consequência disso, tem-se poucos finos; esses britadores possuem baixo custo de manutenção e produzem agregados com propriedades, forma e granulometria, convenientes para matéria-prima composta de concreto. O britador de impacto, encontrado nas usinas *B* e *D*, possui um custo de manutenção mais elevado e produz um agregado mais fino. Na usina *E* estão presentes os britadores de mandíbula e impacto.

Os transportadores constituem-se de tambor e correia que, quando acionados, transportam o material britado. Na usina *C*, o transporte é realizado por um único trecho de correia, ao passo que na *B* tem-se um conjunto de transportadores. Nas usinas *A*, *D* e *E* foram observados dois trechos de correias que possibilitam mudança de direção, dando maior mobilidade nas operações de produção dos agregados. Alguns dos apoios desses transportadores são móveis (*A*, *B*, *D* e *E*) e possuem rodas permitindo o deslocamento, sobre a guia de concreto, para o empilhamento dos reciclados nos diversos trechos.

Os separadores magnéticos encontrados nas usinas *A*, *B*, *D* e *E* são ímãs localizados acima dos transportadores, responsáveis pelas retiradas de metais ferrosos remanescentes das etapas anteriores à britagem. A usina *C* não possui esse equipamento.

Foi verificado que as usinas possuem peneiras diversificadas e adaptadas a suas necessidades. Na usina *C* tem-se um conjunto de peneiras em forma de cilindro que, quando acionado o motor, produz movimento circular, distribuindo os agregados de diferentes granulometrias nas respectivas baias. Nas outras usinas, as peneiras são similares a uma caixa metálica fechada com telas de dimensões variadas e acionada por motor; o material britado é depositado e dividido em pilhas de granulometria determinada.

A Tabela 8.6 apresenta os equipamentos encontrados nas usinas pesquisadas, as características observadas e os relatos.

Tabela 8.6 – Equipamentos.

Usinas	Equipamentos	Características	Relatos
A	Alimentador	Vibratório(0,40m × 1,50m)	[...] nós temos uma estatística que mostra que é 90, por volta de 90 toneladas por dia. Isso dá por volta de 50 a 52 m ³ . [...] Então nós temos hoje da capacidade instalada, nós estamos operando com 70% [...] estamos reciclando 70% daquilo que nós imaginamos que seja produzido [ENTREVISTADO A1]. [...] o material desce e cai numa mandíbula lá, onde vai triturar o material [...] [ENTREVISTADO A2]. [...] a manutenção é simples, manutenção é [...] nem, nem posso te falar de custo, porque é assim baixíssimo. [ENTREVISTADO A2]. [...] o resíduo de concreto passa por uma trituração, da trituração joga o resíduo num conjunto de peneiras, essas peneiras é que vão fazer a separação do material por granulação [ENTREVISTADO A2]
	Britador	Mandíbula(52 m ³ /dia)	
	Transportadores	Dois trechos de correia	
	Separadores	Ímã permanente	
	Peneira	Vibratória (1,50m × 2,00m)	
B	Alimentador	Vibratório (1,20m × 2,10m)	[...] grande equipamento tem capacidade média de 100 toneladas por hora de produção pra ta reciclando. Ele é composto de um grande britador [...] Esse material é quebrado em pedaços menores e cai numa esteira rolante e passa por um eletro ímã que separa todo material [...]. Então depois o material cai na mesma esteira e passa por um conjunto de peneiras vibratórias que separa por tamanho [ENTREVISTADO B1].
	Britador	Impacto (100 ton/h)	
	Transportadores	Quatro trechos de correia	
	Separadores	Dois separadores eletromagnéticos	
	Peneira	Vibratória (1,80m × 4,50m)	
C	Alimentador	Calha metálica	Sucateados, recondicionados e fazem o trabalho com a mesma performance que o novo [ENTREVISTADO C1]. Os britadores vão para pedreira e lá eles tem uma vida útil, após aquela vida útil ele vai para a sucata, então aqueles que vão para a sucata são recondicionados, como não oferece resistência não muito forte dá para ser reutilizado com a mesma performance do outro. As correias são tudo correias já
	Britador	Mandíbula (64m ³ /h)	

	Transportadores	Um trecho de correia	<p>utilizadas [...] de pedreira de bastante uso, está sendo reutilizada. Peneira é simples, são materiais comprados em ferro velho, e tudo aí você pode ver que é material já corroído, corroído e recuperado que volta a ter a mesma resistência do material novo [...] [ENTREVISTADO C1].</p> <p>[...] é o britador de mandíbula com correia de 15 metros e peneira [...] a mandíbula quarenta e dois trinta, com potência de 8m³/h de brita [ENTREVISTADO C1].</p> <p>[...] A produção nossa seria 70 m³/hora para moer e nós hoje estamos aí em torno de 16 a 17 metros mais ou menos, porque nos estamos alimentando no manual, não temos recursos [ENTREVISTADO C1]</p>
	Separadores	Inexistente	
	Peneira	Mecânica rotativa	
D	Alimentador	Vibratório (1,20m × 2,10m)	<p>[...] essa máquina é um projeto na verdade espanhol, a empresa aqui trouxe essas máquinas pra mim, é um projeto espanhol mais foi mais ou menos copiado da França, toda uma pirataria em cima dessa tecnologia, os europeus é líder nessa área de britagem de entulho após Segunda Guerra.[ENTREVISTADO D1]. [...] o alimentador é regulável, você regula a capacidade dele de acordo a capacidade do britador [...] Você tem que controlar o alimentador para que não alimente mais do que aquilo que o britador vai produzir, não é fácil esta regulagem na verdade aqui é uma rotação fixa [...] 80 a 100 toneladas por hora é o que a planta produz [ENTREVISTADO D1]</p> <p>O britador, você tem três regulagens [...] [ENTREVISTADO D1] [...] não tem uma especificação. Normalmente eu uso do diâmetro do rotor que deve ser 800 mm e a largura da máquina que deve ser um metro, seria 1 metro de largura por oitocentos de diâmetro. Impacto é a máquina certa, mandíbulas você só usa para pequenas produções, você pode trabalhar com ele fechado [...] 15 toneladas por hora você pode usar a mandíbula. Agora se você vai britar um entulho que só tem concreto, como é o caso [de uma outra obra], não tinha nada de terra, nada de grãos, então a mandíbula vai bem, pode usar até cone, lá se usou mandíbula, igual ao da usina C. [ENTREVISTADO D1] [...] tudo isso é comandado por um quadro de comando [ENTREVISTADO D1]</p>
	Britador	Impacto (80 ton/h)	
	Transportadores	Três trechos de correia	
	Separadores	Um eletroímã	
	Peneira	Vibratória (1,80m × 3,00m)	
E	Alimentador	Vibratório (0,50m × 2,00m)	<p>[...] Essa máquina já havia sido adquirida em 1996, só que ela estava apodrecendo na umidade industrial [ENTREVISTADO E1].</p> <p>[...] no primeiro estágio dele é a mandíbula, ele quebra o material por esmagamento, você regula [ENTREVISTADO E2].</p> <p>[...] tem uma peneira também que eu posso mudar por peneira fixa, eu tenho peneira de 2 polegadas e tenho peneira de 1 polegada. [...] Se eu trabalhar com 2 polegadas vai passar mais material, eu mando menos material para o martelo [ENTREVISTADO E2].</p>
	Britador	Mandíbula e impacto (52 m ³ /dia)	
	Transportadores	Dois trechos de correia	
	Separadores	Eletroímã	
	Peneira	Vibratória (1,00m × 1,50m)	

8.5 Categoria – Produtos gerados

As usinas pesquisadas produzem praticamente os mesmos tipos de reciclados: os agregados peneirados, classificados em faixas granulométricas, e os agregados não peneirados.

A matéria-prima, após a britagem, é fragmentada em várias dimensões; se for transportada diretamente para o empilhamento, tem-se a “bica corrida”; caso os fragmentos sejam conduzidos para a peneira, serão produzidos: areia, pedrisco, brita 1, brita 2, brita 3, brita 4; ou seja, produtos comuns a todas as usinas.

As particularidades surgem na usina *D*, que produz o material de escalpe, material passante na grelha do alimentador vibratório e a “bica graduada” a partir da remontagem de material classificados; na usina *B*, o rachão, caracterizado por fragmentos de grandes dimensões. A Tabela 8.7 apresenta os relatos referentes aos produtos reciclados encontrados nas usinas e suas particularidades.

O fornecimento de agregados reciclados para obras de pavimentação está consolidado nas usinas pesquisadas. Os municípios utilizam os agregados reciclados em suas obras públicas, como foi observado nas usinas administradas pelas prefeituras. Na usina *C*, constatou-se que o uso de agregados reciclados em obras públicas depende de uma abertura de mercado, pois a usina encontrou dificuldades e resistências, por parte de empresas contratadas da prefeitura, em aceitar um novo produto, apesar do baixo custo do novo material oferecido.

Foi verificada nas usinas a aplicação dos agregados em pátios, acessos, obras de infraestrutura, mobiliário urbano, fabricação de blocos de concreto e contrapiso, entre outros. Na Tabela 8.8 identifica-se a utilização dos agregados reciclados por usina pesquisada e os respectivos relatos referentes a esse aspecto.

Constatou-se que os agregados reciclados são utilizados como material de construção de baixo custo, apresentando bom desempenho em obras que, por enquanto, solicitam baixa resistência mecânica.

Tabela 8.7 – Reciclados produzidos nas usinas.

Usinas	Reciclados	Relatos
A	Material classificado e “bica corrida”	[...] o resíduo de concreto passa por uma trituração, da trituração joga o resíduo num conjunto de peneiras, essas peneiras é que elas vão fazer a separação do material: uma pedra quatro, uma pedra um, o pedrisco e a areia. Isso daí é o resíduo quando eu tiver triturando o concreto. Então, o material cerâmico ele só é triturado e depois ele fica acumulado aqui, na forma assim de uma bica corrida [ENTREVISTADO A2].
B	Material classificado, “bica corrida” e rachão	Rachão são pedras grandes muito grande, pedra 4 é uma pedra no Brasil se usa, é mais ou menos aquilo ali é uma intermediaria mais pra pedra 4 que rachão. [...] Matérias deste tipo chamamos de pedrisco, algo de granulometria próximo a isso e a medida que vai crescendo chamamos de pedra 1, 2, 3, 4, depois de 4 é pedra rachão [ENTREVISTADO B2]. Sim há, tá vendo: tem uma tela estocada para carregar [...] Esta esteira última, final aqui, pode ser desviada para o grupo de peneiramento ou não, ela pode ficar como ta ali, você tem o material como falei de granulometria variada que é bom pra pavimentar rua de terra, pra você fazer um reforço em cima de uma camada [...] em ruas distantes em zonas quase que rural, né, ou mesmo até pra usar como base de pavimentação [ENTREVISTADO B2].
C	Material classificado e “bica-corrida”	[...] você vê sai areia e pedrisco são dois produtos, a pedra 1 são três produtos, a pedra 2 são quatro produtos, e esse que é um produto aí, pra cascalho de rua [ENTREVISTADO C1].
D	Material classificado, “bica-corrida”, material de escalpe e “bica graduada”	[...] ele passa pela grelha, ele é fino, então ele ficou nome de grelhado. Ele é batizado como grelhado, como bica corrida, areia pedra e pedrisco [...] [ENTREVISTADO D2]. [...] bica corrida na hora que ela passa no britador ela vai toda a granulometria [...] A bica graduada eu pego porcentagem da pedra 2, porcentagem da pedra 1 e porcentagem do pedrisco, porcentagem da areia, eu não ponho a pedra 3 e então eu faço uma mistura [...] [ENTREVISTADO D2]. [...] está saindo (para usuário): areia, pedra 2, pedra 1, pedra 3 e o pedrisco [...] cobertura de ruas [...] pedra 3 está sendo feita toda a estrada do aterro sanitário com ela [ENTREVISTADO D2].
E	Material classificado e “bica corrida”	[...] Nós temos no primeiro estágio o material que sai tipo corrida que a gente chama bica corrida [...] Nós temos um outro produto que é o pedrisco, pedra, areia [ENTREVISTADO E2].

Tabela 8.8 – Aplicação dos reciclados produzidos nas usinas.

Usinas	Aplicação	Relatos
A	Contrapiso, calçadas, vias de acesso, base e sub-base para pavimentação.	É pra se fazer assim [...] contrapiso, calçada [...] nada estrutural. [ENTREVISTADO A2]. [...] que tão fazendo asfalto na cidade, pra também fazer base de asfalto ou fazer drenagem, fazer drenos [ENTREVISTADO A1].
B	Base e sub-base para pavimentação.	[...] eles vão lá e buscam principalmente bica corrida pra fazer cascalhamento de ruas [ENTREVISTADO B2].
C	Pátios, contrapiso, lastro para assentamento de tubulação, drenagem, vias de acesso.	[...] piso, estacionamento, é um material que oferece a mesma resistência do natural. Consideramos este material aqui como nobre, isso aqui não temos produção pelo pedido que temos [ENTREVISTADO C1]. [...] utilizam para fazer os pátios das construtoras, utilizam para fazer a parte de enchimento das valas [...] [ENTREVISTADO C1]. esse material reciclável tem uma ótima utilização ,principalmente a areia, areia grossa de concreto pra o aceitamento de tanque de gasolina [...] [ENTREVISTADO C1]. [...] pó de pedra para eles fazerem o contra-piso [...] vão fazer contra piso com o material [...] [ENTREVISTADO C1].
D	Calçadas, vias de acesso, base e sub-base para pavimentação.	[...] eu pré-agendo por telefone e chega o caminhão aqui com o memorando falando o material que precisa a quantia e a onde vai aplicar[...]vai só para obras públicas praças, parques, manutenção, pequenos remendos a prefeitura faz a substituição de agregado natural [...] [ENTREVISTADO D2]
E	Base e sub-base para pavimentação, fabricação de blocos, pátios, drenagem, vias de acesso.	[...]bica corrida para fazer base, sub-base para pavimentação asfáltica. Nós temos um outro produto que é o pedrisco, pedra, areia. A pedra é muito usada aqui, é para substituir o cascalho para fazer assim, regiões de pátio onde tem caminhões, é usado também pra fazer, você vai fazer uma drenagem usa bastante isso dai também. O pedrisco [...] é também bastante utilizado para fazer áreas de passeio, áreas verdes ou trocar o siute [...] e a gente utiliza areia no bloco[...] [ENTREVISTADO E2]

8.6 Categoria - Atores sociais envolvidos

A pesquisa nas usinas permitiu identificar as pessoas que participam, de forma direta ou indireta, de todo o processo produtivo e de aplicação dos agregados reciclados; a partir da entrada dos RCD nas usinas, passando por seu beneficiamento até sua utilização pelo consumidor final. Nas usinas *B* e *D*, o pesquisador não teve acesso às obras e aos consumidores dos reciclados produzidos, mas foi possível sua identificação. Portanto, essa categoria ficou dividida em duas subcategorias, apresentadas a seguir.

As pessoas que estão envolvidas diretamente com os empreendimentos podem ser enumeradas a partir do proprietário que administra a usina, dos responsáveis técnicos e dos trabalhadores envolvidos em todas as operações. E, de forma indireta, encontram-se os

fornecedores (usinas *B* e *E*), aqueles que entregam a matéria-prima, chamados de caçambeiros, e os consumidores, que são a própria comunidade.

8.6.1 Agentes diretos

Entre as pessoas que participam de forma direta no processo produtivo encontram-se os administradores, os responsáveis técnicos (coordenadores) e os trabalhadores envolvidos nas operações de triagem, britagem, peneiramento, empilhamento e estoques; enfim, toda a mão-de-obra necessária para a produção dos reciclados. Parte desses trabalhadores é registrada pela usina, possui carteira assinada; outra parte trabalha como autônomo, não tem vínculo empregatício – entre eles existem ainda os que pertencem às cooperativas. Os cooperados representam um papel importante, como mostram os relatos, e são reconhecidamente experientes profissionais das atividades de triagem e segregação de resíduos, gerindo o “próprio negócio” e contribuindo com o desenvolvimento sustentável da construção. A Tabela 8.9 refere-se à distribuição da mão-de-obra por usinas pesquisadas.

Tabela 8.9 – Atores sociais e mão-de-obra.

Usinas	Mão-de-obra	Relatos
A	Empregados da prefeitura e cooperativa	Hoje tem seis da Cooperativa e mais quatro da Prefeitura lá [...] não tinha nenhum da Prefeitura, então hoje tem três da Prefeitura, mais o coordenador, o encarregado, são dez pessoas trabalhando lá. E esse pessoal da Prefeitura, ele é [...] vamos falar assim [...] ele é a grosso modo [...] o pagamento desses [...] da Prefeitura [...] então eles estariam emprestado para a Cooperativa para ajudá-la. Porque eles fazem a coleta e a entrega. E ajudam também na separação [...] ajudam [...] faz de tudo. Então, dão uma força, tipo assim [...] são dez pessoas, na verdade nove. Porque não se conta o encarregado. O encarregado lá é pra resolver outras coisas. Mas são nove para pagar o salário de seis [ENTREVISTADO A2].
B	Empregados da prefeitura	-
C	Empregados e autônomos.	[...] estamos gerando dez, praticamente dez empregos diretos e gera sem dúvida, o caminhão vai carregar para algum lugar gera mais emprego, dá um total de [...] gera 27 empregos direto e indiretos. Olha, nos temos quatro [...] nós temos registrado um grupo de oito [...] um ganha quatrocentos e outros, é que uns ganha por produtividade de separação de metal formar cooperativa nós já estamos lapidando eles, se você produzir mais, você ganha mais, entende? [...] [ENTREVISTADO C1].
D	Empregados da prefeitura e cooperativas	[...] tudo que sai daqui então [...] é da prefeitura [...] eles perguntam o que eu tenho de estoque [...] eu preciso deste material, eu pré-agendo por telefone e chega o caminhão aqui com o memorando falando o material que precisa a quantia e a onde vai aplicar [...] vai só para obras públicas [ENTREVISTADO D2]
E	Empregados da prefeitura	Hoje estou trabalhando com dois pra fazer a triagem, lá na frente, umedecer. Eu tenho um operador de cima, tenho um na esteira e 1 embaixo. Cinco pessoas mais o operador da retroescavadeira. [ENTREVISTADO E2]

8.6.2 Agentes indiretos

As pessoas que atuam no processo de forma indireta podem ser categorizadas em fornecedoras e consumidoras.

Os fornecedores, aqui considerados, são os que transportam resíduos até a usina: os caçambeiros que trazem resíduos gerados pela construção de novas edificações, obras de reformas e manutenções. Destacam-se as usinas *B* e *C*, que recebem os resíduos diretamente de ATT.

Os consumidores dos agregados reciclados apresentam dois aspectos interessantes, ilustrados na Tabela 8.10, como constatado nos relatos dos entrevistados. O primeiro aspecto, já esperado, foi a constatação do consumo desse material pelo município, em suas obras públicas, registrado nas usinas *B*, *D* e *E*. O outro aspecto diz respeito à sociedade, pois foi verificada, na usina *C*, a utilização dos reciclados em atividades comerciais, sociais e particulares; mais especificamente: obras em igreja, galpão comercial, posto de gasolina, conjuntos residenciais de médio padrão e conjuntos habitacionais populares. Na usina *A*, caracterizou-se o uso dos reciclados pela comunidade em obras de autoconstrução – o cidadão se dirige à usina e escolhe o agregado que quer comprar. Nessa usina, o pesquisador teve contato direto com consumidores e constatou a utilização do material no piso externo de obras e no contrapiso de condomínios residenciais de médio e baixo padrão.

Os fornecedores cadastrados são identificados e localizados facilmente, desenvolvendo a responsabilidade pelos resíduos transportados desde a fonte geradora até a correta destinação. O consumidor final aparece fechando o sistema da cadeia produtiva de reciclagem, retroalimentando o sistema, uma vez que irá utilizar os produtos reciclados em atividades construtivas gerando novos resíduos.

Tabela 8.10 – Atores sociais consumidores.

Usinas	Consumidores	Relatos
A	Pequenos construtores, floricultura e prefeitura	[...] esse material é vendido normalmente, a pedra, a areia, pedrisco, é para o construtor: pequeno construtor, que é aquela pessoa que está construindo a própria casa. [...] a pedra maior, ela é normalmente [...] ela não é usada para construção, que é uma pedra grande, mas ela pode ser utilizada ou pela Prefeitura ou pelas construtoras que tão fazendo asfalto na cidade, também fazer base de asfalto ou fazer drenagem, fazer drenos [...] [ENTREVISTADO A1].
B	Prefeitura	[...] Quem usa esse material dentro da prefeitura hoje são as subprefeituras da região leste [ENTREVISTADO B2].
C	Construtoras, pequenos construtores, igrejas, galpões comerciais, posto de gasolina, municípios conurbados	Hoje os nossos clientes a própria construção civil, os construtores, [ENTREVISTADO C1]. Temos clientes aqui que são os pequenos construtores da chamada casa popular. Ele já está utilizando areia do material reciclado e fazendo o lastro com o material reciclado [ENTREVISTADO C1]. [...] posto foi em Barueri, foi a primeira experiência [...] [ENTREVISTADO C1]. [...] estamos fornecendo o material para uma obra do PAR, Plano de Arrendamento Residencial acho que é, é lá do Belém [...] [ENTREVISTADO C2]. [...] nós temos uma igreja aí chama-se igreja Jesus Cristo dos Últimos Dias, então elas fazem aquelas construções em terrenos acima de 8.000, 9.000 a 10.000 metros, então [...] os pátios deles só utilizam o material reciclado [...] [ENTREVISTADO C1].
D	Prefeitura	[...] tudo que sai daqui então [...] é da prefeitura [...] eles perguntam o que eu tenho de estoque [...] eu preciso deste material, eu pré-agendo por telefone e chega o caminhão aqui com o memorando falando o material que precisa a quantia e a onde vai aplicar [...] vai só para obras públicas [ENTREVISTADO D2]
E	Prefeitura	Fizemos aqui a recuperação do matadouro e agora já é a nossa sede. Todo projeto, na entrada ali nós utilizamos [...] um trecho de mais ou menos 70 metros que é a sub-base, que é feita com reciclável.[ENTREVISTADO E1]. [...] Hoje nossa fábrica tá parada em função de levar esse pessoal para uma outra unidade onde está construindo [...] nós temos já alguns, quantidade razoável de bloco armazenado, o suficiente até o final do ano, e depois nós vamos retomar essa produção, mas tudo dentro com material reciclável, cerca de 42% ou 45% de material reciclável [...] [ENTREVISTADO E2]. [...] nós estamos fazendo a regularização em dois bairros, dois núcleos que eram favelas. Hoje na realidade, hoje ainda são bairros que ainda falta infra-estrutura. Então nós vamos fazer, estamos fazendo drenagem e pavimentação, o material que será utilizado de base será o resíduo sólido [...] utilizá-lo no mobiliário urbano, que é aquele projeto urbanístico onde você tem uma pracinha, o paisagismo a gente quer usar o pedrisco que é muito bonito, ele fica muito bonito, ele tem também a questão térmica, ele é mais frio, então ele ajuda a manter a umidade. Enfim, tem toda essa utilização aí, e falta pesquisa que pode ser feita em cima disso aí, é um campo muito vasto [ENTREVISTADO E1].

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS: ASPECTOS IMPORTANTES PARA O SUCESSO DAS USINAS DE RECICLAGEM

As considerações finais deste trabalho apontam os aspectos importantes para o sucesso das usinas de reciclagem, considerando as categorias definidas no capítulo anterior, elegendo, entre as usinas pesquisadas, que aspectos foram considerados essenciais para o êxito do empreendimento.

Iniciando com os aspectos importantes na categoria *Instalações das usinas*, algumas delas – usinas *A*, *C* e *E* – estão implantadas em áreas consideradas de pequeno porte, em que as atividades desenvolvidas correm riscos de ser interrompidas, tornando os pátios insuficientes e, conseqüentemente, dificultando as etapas de produção. Ao contrário do que acontece com as usinas *B* e *D*, instaladas em áreas de grande porte, o que permite a expansão de suas atividades sem interferência na produção; além de estarem bem localizadas, estas últimas possuem melhores condições de espaço e *layout* permitindo o surgimento de novos pátios para armazenagem e estoque. Ao serem planejadas, as usinas devem compatibilizar o fluxo de produção, os pátios disponíveis para estocagem e o tempo que esse material poderá ficar estocado sem comprometer o ritmo estabelecido de produção. Dessa forma, a disponibilidade de espaço físico apresenta-se como diferencial para manter o ritmo de operação na usina.

Os aspectos importantes na categoria *Relação com a municipalidade* referem-se à possibilidade de algumas das usinas pesquisadas serem beneficiadas pelos municípios, quando eles estabelecem a gestão dos resíduos municipais, por meio de: legislações municipais (usina *A*), elaboração de normas técnicas (usina *B*) e criação de instrumentos legais (usina *E*) que incentivem o desenvolvimento da atividade de reciclagem. A criação desses elementos, aliada a uma administração permanente e isenta de descontinuidade (usina *C*), são fundamentais para que as usinas se estabeleçam e se sustentem como empresas.

Os aspectos importantes na categoria *Origem da matéria-prima* estão relacionados diretamente ao fornecimento contínuo desse material, que deverá ser garantido pelo disciplinamento da ação dos grandes e pequenos geradores. Nesse sentido, as usinas *B*, *C* e *E* estão em posição privilegiada, pois em seus municípios já foram implantados pontos de recebimento de resíduos, como Eco-pontos e ATTs. Na usina *A*, apesar de estar em município que não tem esses pontos implantados, o fornecimento não será interrompido pelo fato de esse

município ocupar uma pequena área territorial e ser ela a única solução disponível. Esse último aspecto também é registrado em relação à usina *D*, por ser ela o único local legal para deposição correta em seu município. Assim, revela-se a importância de que o município, ao implantar sua política de resíduos, disciplinador dos agentes, esteja garantindo o abastecimento de matéria-prima às usinas para produção do material agregado reciclado.

Os aspectos importantes na categoria *Processo de reciclagem* dizem respeito às etapas de produção e equipamentos, que devem ser rigorosamente planejados, pois estão diretamente relacionados ao material que está sendo processado. As usinas *B* e *C* tiveram momentos de interrupção da produção por ausência de manutenção, pelo fato de os equipamentos serem adaptados e improvisados, estando mais sujeitos a danos. Enquanto isso, a usina *D*, recém-inaugurada, possui equipamentos novos, favorecendo de forma permanente o fluxo de produção. Na usina *A*, a interrupção da produção não foi atribuída a problemas no equipamento e sim a questões administrativas típicas de instalações públicas. Na usina *E*, os equipamentos recebem manutenção periódica, com a presença de um técnico; assim, ela está mais preparada para eventualidades. Dessa forma, a escolha dos equipamentos, o conhecimento de sua vida útil e dos procedimentos de manutenção são aspectos primordiais na implantação das usinas, interferindo diretamente no sucesso do processo de produção.

Os aspectos importantes na categoria *Produtos gerados* implicam estabelecer, antes do processamento, o tipo de agregado reciclado que será produzido e sua aplicação. O agregado utilizado para fabricação de artefatos não será o mesmo utilizado em pavimentação, ou em vias de acesso com baixo tráfego; para isso, deverá ser conhecida a aplicação do reciclado, produzindo-se o material desejado, como é o caso da usina *D* e *E*, que planejam diariamente sua produção em função do material reciclado que é solicitado pelo município. O mesmo não ocorre na usina *B*. Na usina *A* existe a preocupação em atender o consumidor, que previamente encomenda o material reciclado, e em abastecer o município nas obras de pavimentação. A usina *C*, dependente da demanda e com poucos pátios disponíveis, preocupa-se em manter um estoque de matéria-prima que será processada conforme a demanda. Dessa forma, as usinas devem se organizar por meio de um planejamento que leve em consideração suas instalações, seu layout e as demandas na produção do material reciclado, para que possam atender de forma satisfatória os consumidores desse mercado.

Os aspectos importantes na categoria *Atores sociais envolvidos* referem-se à identificação das pessoas envolvidas no processo de reciclagem – funcionários, fornecedores e consumidores finais – e ao estabelecimento de relações adequadas com esses atores. Os funcionários

capacitados e qualificados deverão receber infra-estrutura humanizada, instalações sanitárias e local apropriado para refeições, além da remuneração adequada, implicando alto índice de produtividade. Com exceção da usina *D*, as outras são deficientes no atendimento dessas questões. No tocante aos fornecedores, estando enquadrados no cadastramento municipal, têm vantagens por poder dispor seus resíduos em instalações licenciadas. Já no que se refere aos consumidores, principalmente as administrações públicas, as vantagens se dão pela possibilidade de redução de custos em obras como as de pavimentação. Assim sendo, a identificação desses atores sociais e das relações que necessitam ser estabelecidas são aspectos que irão colaborar na definição da viabilidade de implantação das usinas.

Elegendo-se, entre as usinas pesquisadas, que aspectos foram considerados essenciais para êxito do empreendimento e sintetizando-os, seria possível projetar uma *usina otimizada* com os aspectos positivos de cada usina analisada, contribuindo para o direcionamento de novos esforços de implantação desse tipo de empreendimento. Dessa forma, ter-se-ia, a seguir, um desenho de *usina otimizada* segundo as categorias descritas neste trabalho.

A *usina otimizada* localiza-se em um raio distante 15 quilômetros (usina *C*) das regiões urbanas geradoras dos resíduos, em zona que possui boas condições de tráfego e ocupa uma área de grande porte, com vocação para manuseio de RCD (usina *B*). Apresenta *layout* adequadamente elaborado e planejado, atendendo às necessidades do empreendimento (usina *D*): diversos pátios destinados à estocagem, às cargas e descargas, permitindo o recebimento permanente de matéria-prima e a estocagem dos produtos reciclados. Possui planta semimóvel que permite sua transferência para outras áreas, sem prejuízo aos equipamentos.

É preferível que a usina seja de administração privada como a usina *C* – ela traça metas e trabalha para cumpri-las, pois seu administrador é permanente. Se a usina é apoiada por ações técnicas, institucionais e legislações municipais, esses incentivos legais e a garantia de continuidade administrativa, por via privada, incrementam a produção em escala (usina *A* e *E*), permitindo o cumprimento de metas planejadas previamente, sem a interrupção pela mudança administrativa que acontece nas usinas públicas de quatro em quatro anos. Garante-se assim a seqüência da produção e a manutenção dos equipamentos, que estariam sendo supervisionados periodicamente, evitando interrupções nos processos por quebra de peças, por exemplo.

A matéria-prima deverá ser fornecida pelos pontos de entrega públicos (pequenos geradores) e ATT públicas ou privadas, atendedoras de grandes geradores, que funcionarão como agentes receptores dos resíduos produzidos pelas atividades construtivas (usina *B*), criados após regulamentação pela municipalidade, o que garantirá a continuidade da oferta.

O processo de reciclagem resultante de uma seqüência lógica de etapas de produção (usina *D*) deve utilizar modernos equipamentos, como os listados no anexo B (usina *B*). Nesse processo, a matéria-prima deve ser umidificada e deve haver segurança de que não haja pedaços com grandes dimensões, nem barras de aço que ponham em risco o equipamento. A câmara de britagem deve ser alimentada continuamente, fragmentando a matéria-prima conforme o produto definido na etapa de planejamento, que determinará o tipo de reciclado a ser produzido em função de sua aplicação, já que o material utilizado em uma obra de pavimentação é diferente do utilizado na fabricação de artefatos. Assim, após a britagem, os fragmentos poderão ser encaminhados para o empilhamento ou peneiramento, de acordo com as características planejadas.

Para a ampliação da série de produtos ofertados, a usina deve se preocupar em produzir os materiais passantes na etapa de peneiramento e os não passantes como “bica-corrída” (usina *A*), “rachão” (usina *B*) e material de escalpe (usina *D*), que podem ser destinados a obras de vias urbanas e estradas. Os materiais passantes em peneiras também podem ser utilizados em obras sem função estrutural, como contrapiso, calçadas, drenagem, fabricação de artefatos etc.

Os agentes envolvidos na usina devem ser corretamente identificados e planejadas as relações a serem instituídas. O proprietário deve se preocupar em gerar mão-de-obra que ocupe os setores administrativos, técnicos e operacionais, garantindo-lhe as condições adequadas de trabalho. Os fornecedores de matéria-prima devem estar legalizados e cadastrados nos órgãos competentes que autorizem sua atuação nesse segmento: a usina fornecerá orientação e procedimentos permitindo-lhes movimentar-se na usina, obedecendo aos regulamentos internos estabelecidos. A usina deverá garantir a continuidade de oferta aos consumidores, disponibilizando os agregados à comunidade (usina *A*, *C* e *E*) e à municipalidade, que usará os reciclados na execução de obras públicas.

A *usina otimizada* contempla apenas as categorias estudadas neste trabalho, baseadas no cotidiano das usinas pesquisadas. São dados coletados e analisados, restritos às visitas realizadas. Não são parâmetros únicos para um modelo de usina, porque seria necessário um convívio maior com estes e outros empreendimentos. Sugere-se assim, porém, um formato mínimo de usina coerente com um empreendimento desse porte, apresentando-se o ciclo dos resíduos e pontuando-se as etapas mais significativas do processo.

As sugestões apresentadas nesse formato de usina podem nortear profissionais interessados em desenvolver esse nicho de mercado, despertar o interesse pela reutilização dos

resíduos da construção e incentivar caminhos para comercialização de novos materiais de construção ecologicamente corretos.

Considera-se, ao final, que a assessoria técnica ao projeto de novas instalações poderá se valer de contribuições oriundas de novas pesquisas, que, dando continuidade a este trabalho, abordem aspectos como análise de:

- novas usinas recém-instaladas;
- volumes de resíduos gerados nos municípios;
- funcionamento e eficiência dos equipamentos nas instalações das usinas de reciclagem;
- destino de resíduos de provenientes de outras classes: classe B, C e D;
- empreendimentos recicladores de madeira.

Dessa forma, promove-se a reciclagem dos resíduos das atividades construtivas, minimizando-se os problemas urbanos gerados pela destinação irregular e pela ausência de instalações adequadas a sua destinação.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V. **Estimativa da qualidade de entulho produzido em obras de construção de edifícios**. In: III Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil: Práticas recomendadas. São Paulo, 2000.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS ENTIDADES PRODUTORAS DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL (ANEPAC), 2003. Disponível em: <http://www.anepac.org.br>. Acesso em dezembro de 2003.

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

ANGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JOHN, V. M. **Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem de Resíduos na Construção Civil**. In: Seminário do Comitê Técnico do Ibracon CT - 206 - Meio Ambiente - Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil: Materiais Reciclados e suas Aplicações, 2001, São Paulo. Anais... . São Paulo: IBRACON, 2001. v. I. p. 43-56.

ANGULO, S. C. ; JOHN, V. M. . **Normalização dos agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados para concretos e a variabilidade**. In: IX Encontro Nacional de Tecnologia do o Ambiente Construído, 2002, Foz do Iguaçu. ENTAC 2002. FLORIANOPOLIS : INFOHAB ANTAC NPC UFSC, 2002. p. 1613-1624.

ANGULO, S. C.; ULSEN, C.; JOHN, V. M.; KAHN, H.. **Desenvolvimento de novos mercados para a reciclagem massiva de RCD**. In: V Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil, p.293-307. São Paulo, 2002.

ANGULO, S. C. ; ULSEN, C. ; CARRIJO, P. M ; SILVA, R. M ; KAHN, H. ; JOHN, V. M. . **Caracterization of Brazilian Construction and Demolition Waste Coarse REcycled Aggregate**. In: Int. RILEM Conf. Use of Recycled Materials in Buildings and Structures, 2004, Barcelona. RILEM PROCEEDINGS PRO40. BAGNEUX : RILEM, 2004. v. 1. p. 87-96.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15112**: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro 2004.

_____. **NBR 15113**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro 2004.

_____. **NBR 15114**: Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro 2004.

_____. **NBR 15115**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos. Rio de Janeiro 2004.

_____. **NBR 15116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil -Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos. Rio de Janeiro 2004.

BARTH, H. P. **Financial, economical and political aspects of the reuse of construction and demolition waste.** *In:* Int. RILEM Demolition and Reuse of Concrete. p. 03-08. RILEM 1994.

BRUNTLAND, G. H. **Our Common Future: The World Commission on Environment and Development.** Oxford: Oxford University Press. 398p. 1987

CARNEIRO, A. P.; BURGOS, P. C.; ALBERTE, E. P.V. **Uso do agregado reciclado em camadas de base e sub-base de pavimentos.** Projeto Entulho Bom. p. 190-227. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2001.

CASSA, J. C. S.; VALOIS, J. C.; CARNEIRO, A. P. **Aplicação de uma escória de ferro-cromo como agregado graúdo de concreto de alto desempenho.** *In:* 53º Congresso Anual da ABM. Belo Horizonte, 1998. Anais...

CAVALCANTI, C. **Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável.** Editora: Cortez. São Paulo, 1995. 429p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA) – **Resolução CONAMA número 307, de 05 de julho de 2002.**

_____. **Resolução CONAMA número 348, de 16 de agosto de 2004.**

DEPARTAMENTO DE LIMPEZA PÚBLICA E URBANA DE SÃO PAULO – LIMPURB. Legislação. <http://www.resol.com.br/legislação3asp?id=365>. Acessado em 2/09/2004.

FREIRE, L.; BRITO, J.. **Custos e Benefícios da demolição selectiva.** *In:* Construção sustentável – Durabilidade e Desconstrução. Lisboa Portugal, 2001 p. 863-870.

CENTRO DE INFORMAÇÕES TÉCNICAS SOBRE RECICLAGEM E MEIO AMBIENTE, **Recicloteca**, 2002, disponível em: http://www.recicloteca.org.Br/3-reciclav/mat_recic/entulho/entulho.htm, acesso em: 07/05/02.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** Editora Atlas S.A. São Paulo, 1991. 160p.

GRIGOLI, A. S.. **Entulho em canteiro de obra utilizado como material de construção - uma alternativa inadiável.** *In:* IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil: materiais reciclados e suas aplicações, 2001, São Paulo. INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO - COMITÊ 206, 2001a. v. 1. p. 251-264.

GRIGOLI, A. S. **Reciclagem de entulho em canteiro de obras – viabilidade econômica.** *In:* 41º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, Foz do Iguaçu, 2001b. **Anais em CD.**

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição a metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** São Paulo, 2000. 102p. Tese (Livre Docência) - Escola Politécnica de São Paulo, Universidade de São Paulo - USP.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. . **Reciclagem de Resíduos da Construção**. *In*: Seminário de Resíduos Sólidos e Domociliares CETESB, 2000, São Paulo. Seminário de Resíduos Sólidos e Domociliares CETESB. São Paulo : CETESB, 2000.

JOHN, V. M. **Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção**. Projeto Entulho Bom, p. 28-44. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2001.

LEVY, S. M. **Reciclagem do Entulho de Construção Civil de construção**. São Paulo, 1997. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica de São Paulo, Universidade de São Paulo - USP.

LEVY, S. M. **Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria**. São Paulo, 2001. 194p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica de São Paulo, Universidade de São Paulo - USP.

MEHTA, POVINDAR K.; MONTEIRO, PAULO J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. 1 ed. São Paulo: PINI, 1994. 573 p.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento Pesquisa Qualitativa em Saúde**. Editora HUCITEC ABRASCO, São Paulo – Rio de Janeiro, 1992. 269p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Agenda 21**, 2003, disponível em: <http://www.mma.gov.br/agenda21>, acesso em: 03/06/04.

NOTÍCIAS DA CONSTRUÇÃO (SINDUSCON-SP). Gestão de Resíduos. n 13º, p. 12 – 18, maio 2003.

OLIVEIRA, M. J. E. **Materiais descartados pelas obras de construção civil: estudo dos resíduos de concreto para reciclagem**. Rio Claro, 2002. 120p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista –UNESP.

PERA, JEAN. **Use of waste materials in construction in Western Europe**. *In*: Workshop reciclagem e reutilização de resíduos como materiais de construção. Departamento de Engenharia Civil, PUC, São Paulo, 1996.

PINTO, T. P. **Metodologia para gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo, 1999. 189p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica de São Paulo, Universidade de São Paulo - USP.

PINTO, T. P. **Reciclagem no canteiro de obras – responsabilidade ambiental e redução de custos**. Revista Técnica. n. 49, p.64-68. nov/dez 2000.

PINTO, T. P. **Gestão de resíduos de construção e demolição em áreas urbanas – da ineficiência a um modelo de gestão sustentável**. *In*: Reciclagem do entulho para a produção de materiais de construção - Projeto Entulho Bom. p. 76 -113. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2001.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. Disponível em: <http://www.resol.com.br/curiosidades2.asp?id=1826>. Acessado em: 02/05/2005.

SÃO PAULO (Município). **Resolução Secretaria Estadual do Meio Ambiente nº41, de 17 de outubro de 2002.**

SÃO PAULO (Município). **Lei nº13.298, de 16 de janeiro de 2002a.**

SÃO PAULO (Município). **Lei nº42.217, de 24 de julho de 2002b.**

SÃO PAULO (Município). **Lei nº13.478, de 30 de dezembro de 2002c.**

SÃO PAULO (Município). **Decreto nº37.952, de 19 de maio de 1999.**

SATO, Michele ; SANTOS, J. E. . **AGENDA 21 EM SINOPSE**. 1. ed. São Carlos: EdUFSCar, 1999. v. 1000. 60 p.

SILVA, V. G. **Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Escritórios Brasileiros: Diretrizes e Base Metodológica**. São Paulo, 2003. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica de São Paulo, Universidade de São Paulo - USP.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO (SINDUSCON-SP). Programa Obra Limpa. São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br/comasp/fotos>. Acesso em 15/02/2004.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO (SINDUSCON-SP). **Gestão Ambiental de Resíduos da Construção civil: a experiência do SindusCon-SP**. Programa Obra Limpa. São Paulo, 2005.

SJOSTROM, C. **Durability and sustainable use of building materials**. *In: Sustainable use of materials*. J. W. Llewellyn & H. Davies Ed. London, BRE/RILEM, 1992.

TÉCHNE. Minas de entulho. São Paulo: Pini, n.15, p 15-19. mar/abr 1995.

XAVIER, L. L.; ROCHA, J. C. **Diagnóstico do resíduo da construção civil**. *In: IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil*. São Paulo, 2001.

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

APÊNDICE A

ROTEIRO DAS ENTREVISTAS DAS USINAS DE RECICLAGEM

1. DADOS GERAIS

- 1.1) Localização geográfica da usina: atende a um raio de 15 Km (proximidades do local de geração), zona urbana, descentralizada, vias de acesso (acesso fácil), boas condições de tráfego, atende redução de ciclos de transporte, lógica de mercado, entorno (respeito aos elementos estruturados urbanos, bem estar e saúde da vizinhança), área de ocupação (pequeno ou médio porte), área de vocação para recebimento (degradada, aterramento, já recebe de forma desordenada), aproveitamento de antigas instalações de mineração inserida em áreas urbanas, uso do solo compatível com o novo empreendimento.
- 1.2) Lay-out: classificação da usina (planta de 1, 2 ou 3 geração), instalações fixas ou móveis, abastecimento de água, central de energia, transporte, áreas de estocagem, áreas para armazenar diversos tipos de entulho recebido e vários tipos de agregados produzidos, necessidade drenagem, cobertura e irrigação.
- 1.3) Implantação: data da inauguração, sofreu alguma intervenção, faz parte de algum programa ou projeto (programa de gerenciamento de resíduo, programa de reciclagem de entulho), aceitação pacífica por parte dos moradores, quem gerencia, histórico da implantação, existe rede de captação de resíduos dentro da malha urbana (ou proximidades da usina), inaugurada com que capacidade de reciclagem, atual capacidade de reciclagem.
- 1.4) Divulgação: há realização de campanhas setoriais de conscientização (carro de som, folhetos, instalações de placas de sinalização).
- 1.5) Impacto ambiental: instalações de barreiras vegetais para a proteção acústica da área impedindo que o material transformado em partícula se espalhe na atmosfera.

2. ASPECTOS LEGAIS – EFEITOS DA GESTÃO MUNICIPAL

- 2.1) Municipalidade (políticas públicas): prefeitura oferece subsídios a usina, isenção de impostos, leis de incentivos ao desenvolvimento das atividades econômicas, ações de incentivos, licitações de obras que favoreçam o uso do reciclado, estimula a atividade comercial e produtiva, ações sociais e educativas (educação ambiental), pesquisa e desenvolvimento.
- 2.2) Parcerias: construção de parcerias entre poder público e privado, parcerias entre municípios conurbados, recursos e equipamentos locados (imobilização de investimento).

3. MATÉRIA - PRIMA

- 3.1) Procedência: a usina recebe material de um PDE (posto de descarga) ou BDE (base de descarga) ou bacias de captação de resíduos ou URVPS (unidade de recebimento de pequenos volumes), existem incentivos constante a entrega voluntária.
- 3.2) Procedimentos para recebimento: entulho apresenta quantidade visivelmente significativa de contaminantes (podas, papel, papelão, madeira, matéria orgânica, plásticos, solos, metais, entre outros.), homogeneização, diversidade (tipo de material que chega, o que predomina concreto, cerâmico, terra, entre outros), classificação.
- 3.3) Caracterização do entulho: análise de características físicas, químicas, mecânicas e ambientais, ensaios para caracterização qualitativa e quantitativa, metodologia caracterização.
- 3.4) Estocagem

4. PROCESSO DE RECICLAGEM

- 4.1) Etapas: limpeza e seleção prévia (segregação, organização e remoção adequada dos resíduos), homogeneização, trituração, extração de materiais metálicos, eliminação de contaminantes, estocagem para expedição.

- 4.2) Linha de produção: avaliação visual da qualidade do entulho, separação manual dos materiais não utilizáveis, alimentação do equipamento de moagem com o entulho previamente limpo, moagem dos resíduos, empilhamento do material moído. As tecnologias empregadas na produção devem apresentar compatibilidade entre as características das matérias-primas, os componentes gerados e os usos a serem estipulados.
- 4.3) Equipamentos: pá carregadeira, alimentador vibratório apoiado com capacidade m^3 /hora, britador de impacto com m^3 /hora, circuito aberto, transportador de correia móvel com velocidade de trabalho m/min, eletroímã suspenso em regime de trabalho contínuo, sistema nebulizador para contenção de material particulado, sistemas de contenção de ruídos com manta de borracha anti-choque, estrutura metálica de sustentação de todo conjunto, moinho martelo, peneiras (vibratórias), mecanismos de transporte, sistema de eliminação de contaminantes, flutuadores d'água e produção nominal dos equipamentos (toneladas/dia).
- 4.4) Similaridade com usina de agregados para concreto: alimentador do britador primário (esteiras, cabos aéreos, etc.), britadores primários e secundários (rebritadores), britador de mandíbulas ou de movimento alternativo, britador giratório ou de rolo movimento contínuo, britador martelos (de bolas ou de barras), transporte entre britadores (britadores podem estar separados), peneiramento, lavagem e estocagem.
- 4.5) Manuseio e estocagem: segregação no descarte e amontoamento do agregado.

5. PRODUTO

- 5.1) Caracterização: parâmetros adequados ao emprego do agregado na produção de materiais (análise granulométrica, teor de materiais pulverulentos, inchamento, absorção, entre outros).
- 5.2) Características das faixas granulométricas: areia, brita 0, brita 1, rachão.

- 5.3) Aplicações: fração graúda (camadas de pavimentação, concreto não estrutural), fração fina (camadas de pavimentação, argamassa, tijolos e blocos), nivelamento de terreno, cascalhamento de vias, estacionamentos e pátios, base e sub-base (revestimento primário, processo de reciclagem menos sofisticado).
- 5.4) Capacidade de Produção: projetada para gerar m³/dia, produção média, produção diária (% brita corrida, % agregados com granulometrias características)

6. ATORES SOCIAIS

- 6.1) Geração de empregos: diretos (mão-de-obra) e indiretos (caminhoneiros, carroceiros)
- 6.2) Comunidade: participação, como esta sendo afetada, colaboração com a usina.
- 6.3) Consumidores: municipalidades, população (autoconstrução).
- 6.4) Fornecedores: caçambeiros, população, construtoras, coletores autônomos.

APÊNDICE B

GUIA PARA O LICENCIAMENTO DAS ATT

A prefeitura de São Paulo elaborou este instrumento para orientação dos empreendedores interessados em implantar uma ATT.

a) Licenciamento municipal

- Empreendedores interessados solicitam diretrizes urbanísticas à SEMPLA (Secretaria de Planejamento), por meio do DEPLANO (Departamento de Planejamento), apresentando dados básicos do empreendimento e sua localização.
- Apresentar projeto que atenda às diretrizes urbanísticas à Subprefeitura correspondente à sua área de atuação. O projeto deverá conter: memorial descritivo; planta baixa do empreendimento; relatório fotográfico da área; informações cadastrais da área (inscrição imobiliária); cópia da matrícula do imóvel no Cartório de Registro de Imóveis; informações cadastrais do empreendedor e do operador da unidade; anotação de responsabilidade técnica ART - CREA, do responsável pelo projeto; eventuais anexos.
- Deverão estar atendidas todas as exigências anunciadas no Decreto PMSP 42.217.
- Aguardar análise e manifestação da SEHAB (Secretaria de Habitação), por meio do APROV (Departamento de Aprovação das Edificações).
- Atender aos eventuais "Comunique-se" apresentados pela Subprefeitura.
- Aguardar a emissão da Licença de Funcionamento para ATT - Área de Transbordo e Triagem de Resíduos de Construção Civil, pela Subprefeitura.
- Em função das ATTs serem uma figura nova, no município, é desejável que o empreendedor interessado comunique ao Gabinete do LIMPURB - Departamento de Limpeza Urbana, da Secretaria de Serviços e Obras, o início do seu processo de licenciamento.

b) Documentação referente a órgãos estaduais CETESB

- Empreendedores interessados devem solicitar emissão de Certificado de Dispensa de Licença de Instalação.

- DEPRN Interessados devem solicitar manifestação do Departamento caso se enquadrem em uma das seguintes situações: ocupação de Área de Preservação Permanente; remoção de maciços vegetais; remoção de espécimes vegetais isolados em áreas de maior porte.

c) Aspectos principais da operação na ATT

Deverão ser atendidas todas as exigências anunciadas no Decreto PMSP 42.217 e nas normas técnicas pertinentes, principalmente no tocante:

- a triagem integral de todos os resíduos recebidos; recepção e remoção de cargas exclusivamente com documentos de "Controle de Transporte de Resíduos";
- controle contínuo da poeira e dos ruídos gerados; limpeza obrigatória das vias nos acessos à área; eventual transformação dos resíduos triados, na própria ATT, acarretará a necessidade de licenciamento específico;
- destinação dos resíduos triados deverá ser realizada de acordo com a sua tipologia, encaminhando-os à reutilização, reciclagem, armazenagem ou a aterros adequados, obedecidas as normas técnicas específicas;
- os resíduos da construção civil de origem mineral (concreto, argamassas, produtos cerâmicos e outros), excluídos os produtos à base de gesso e amianto, deverão ser: reutilizados diretamente após a triagem, reciclados (por trituração) na forma de agregados ou encaminhados aos Aterros de Resíduos da Construção Civil licenciados, para reservação segregada ou constituição de espaços para futura utilização.

ANEXO

EQUIPAMENTOS – USINA B

1 CONJUNTO MÓVEL DE RECICLAGEM

1. CARRETA DO CONJUNTO DE BRITAGEM PRIMÁRIA:

- Alimentador Vibratório TV 10-50 que corresponde a uma largura total de 1.120 mm (útil 1050 mm), comprimento de 5.000 mm, comprimento de grelha de 1.800 mm. Tremonha (peça de moinho, em forma de pirâmide quadrada invertida e em sua extremidade inferior passa a matéria prima que vai ser moída) com capacidade de 5 a 11 m³. Acionado por motor com potência 7,5 CV / 20 CV, rotor tipo gaiola, velocidade 1.800/1.200 RPM, com polia de 180 mm. Velocidade do vibrador, para motor de 20 CV, 650,740 ou 825 RPM, para motor 7,5 CV, 285 RPM. Curso de 12 mm;
- Sistema de Despoeiramento está montado na carreta primária e os bicos pulverizadores estão localizados sobre o alimentador vibratório ATV 10-50 e sobre o transportador de correia TC-01. A alimentação se dá através de bomba d'água (1630-6 estágios 3CV 110/220 V-60 Hz, BAS 60 motor 1 / 4 CV 110/220 V-60 Hz), que é acoplada ao sistema através de mangueira ϕ N 1". O Comando liga/desliga do sistema de despoeiramento, está localizado no painel do quadro elétrico I da carreta do conjunto de comando e força;
- Britador de Impacto HS 1415: motor elétrico trifásico WEG, rotor de gaiola para regime contínuo, torque de partida normal (categoria B), fator de serviço 1,0, isolamento classe "F", 250 CV, 900 rpm, 220-380-440 V, 60 Hz. Correia perfil 8V, com 3750 mm de comprimento;
- Alimentador Vibratório MF.200 – 48" x 84": montado apoiado com inclinação de 10° , frequência de operação de 1.100 cpm, motor elétrico de indução, 5 Cv, 440 CV, 3 fases, 4 polos, 60 Hz, categoria H, proteção IP-54, carcaça 100 L ;
- Conjunto de Levantamento da Carreta: motor WEG trifásico, bomba BHK 47, reservatório de 120 litros, 6 cilindros hidráulicos.

2. SISTEMA DE TRANSPORTADORES DE CORREIA (Transportadores de Correia)

- TC-01(TC-01 (42" x 11845), com motor de acionamento de 15 CV (60 Hz) e redutor HV 214;
- TC-02 (30" x 22939), com motor de acionamento de 15 CV (60 Hz) e redutor HV 214;

- TC-03 (20" x 25539), com motor de acionamento de 7,5 CV (60 Hz) e redutor HV 210;
- TC-04 (20" x 15171), com motor de acionamento de 7,5 CV (60 Hz) e redutor HV 210;

3. SEPARADORES ELETROMAGNÉTICOS DE METAIS (para cada transportadora de correia - TC01 e TC03)

- TC-01: Tipo EIRSA – limpeza automática, dimensões de 900 x 1.100 x 600 mm, Voltagem: 220 Vcc; Potência de 5.000 Watts, regime de trabalho contínuo; Bobina Classe H; Capacidade de atração: peças de 30 kg à 170 mm de distância;

Estrutura: composta do separador em cujas laterais são parafusados 04 suportes reguláveis que sustentam em seus extremos 02 cilindros de aço, constituindo o primeiro em tambor acionado, e o segundo em tambor motriz. Uma correia de borracha (NYLOMERCO com taliscas transversais de alta abrasão, tipo sem fim), abraça os tambores e apoia-se em roletes que servem de guia e de apoio, as taliscas arrastam os pedaços de ferros retidos pelo separador (eletroímã) para uma caçamba apropriada. O movimento da correia é dado por um conjunto moto redutor;

Conjunto Moto Redutor: composto por um motor WEG 3 HP, 60 Hz, trifásico e de redutor de redução 1:15, tipo MK 70;

Painel de Comando: alojado em caixa de ferro provida de porta, trinco, fundo removível, proteção IP-55 da ABNT, contendo em seu interior disjuntor termo magnético, contatores, ponte retificadora completa, régua de bornes, enfição e fusíveis. Comando por meio de botoeira liga / desliga;

Transformador: potência de 7 KVA, trifásico, alojado em caixa própria, 60 Hz, voltagem de entrada 440 Vca, voltagem de saída 165/175 Vca.

- TC-03: Tipo EIRSS – limpeza manual, dimensões de 500 x 600 x 450 mm, Voltagem: 220 Vcc; Potência de 1.300 Watts, regime de trabalho contínuo;

Refrigeração: interna por meio da circulação de óleo isolante que circula da carcaça ao tambor de arrefecimento instalados a uma cota mais elevada que a carcaça por meio de tubos mecânicos;

Acessórios: válvula de alívio de sobre-pressão e marcador de nível de óleo;

Capacidade de Atração: peças de 17 Kg a 150 mm de distância;

Painel de Comando: alojado em caixa de ferro provido de porta, trinco, fundo removível, proteção IP-55 da ABNT, contendo em seu interior ponte retificadora, disjuntor, fusíveis, bornes, enfição, etc. Comando por meio de chave alavanca liga / desliga;

Transformador: potência de 3 KVA, trifásico, alojado em caixa própria, voltagem de entrada 440 Volts, voltagem de saída 165/175 Volts.

4. CARRETA DO CONJUNTO DO PENEIRAMENTO

- Peneira Vibratória CVB-1845 – IV Decks, número de série 037, com dimensões de 1,80 x 4,5 m, rotação máxima de 1.000 rpm, tambor de acionamento 24” , motor elétrico trifásico a indução WEG, rotor de gaiola para regime contínuo, torque de partida normal (categoria N), fator de serviço 1,15, isolamento classe “B”, 30 CV, 1.800 rpm, 220-389-440-760 V, 60 Hz, carcaça ABNT 180M, forma construtiva B3, proteção IP 54, vedação T.F.V.E, redutor HV 210;
- Transportadora de Correia de 24” x 4000 Série 250, tambor de acionamento 24”, motor 7,5 CV (60 Hz), redutor HV 210, velocidade máxima no transporte de 25 Km/h;
- Placa de Travamento;

5. CARRETA DO CONJUNTO DE COMANDO E FORÇA tem as seguintes dimensões, de 0,6 x 2,10 x 2,43 m e é composta pelos seguintes equipamentos:

- Ar condicionado Panasonic 10.000 BTUs,
- Quadro Elétrico I-QE-I (550 x 189 x 1181);
- Quadro Elétrico II-QE-II (550 x 189 x 1182);
- Mesa de Comando (550 x 189 x 1183);
- Gerador I/QE I (400 KVA), tensão 440/254 V, 60 Hz, motor diesel Cummins tipo NTTA 855G2;
- Gerador II/QE II (250 KVA).

2 EQUIPAMENTOS COMPLEMENTARES

- Caminhões basculante de 12m³ (doze metros cúbicos), em quantidade suficiente para transporte de agregado produzido.

- Pá-carregadeira (2) W 20 – 1,9 m³ ou similar para fornecimento de material para o alimentador vibratório e carregamento dos caminhões basculantes com o material produzido,
- Compressor Atlas Copco XA 120 e rompedor TEX 32.
- Cabine primária simplificada para 500 KVA

3 DADOS BÁSICOS DE CONSUMO E PRODUTIVIDADE

- A capacidade nominal do equipamento é de 120 t / h de bica corrida e 80 t / h de material peneirado.
 - a) A utilização de 85% do tempo do equipamento para a produção de bica corrida resulta em 102 t / h de bica corrida.
 - b) A utilização de 15% do tempo do equipamento para a produção de material peneirado resulta em 12 t / hora.
 - c) A capacidade nominal do equipamento estimada em 114 t / h.
 - d) Para um fator de produtividade de 80%, teremos uma produção horária de 91,2 t/h
- Consumo estimado
 - a) Água: 200 m³ / mês;
 - b) Pá carregadeira: 100% do total de horas do mês;
 - c) Compressor e rompedor: 5% do total de horas do mês;
 - d) Martelos, placas e revestimentos: 0,07 kg por tonelada de material processado;
 - e) Energia elétrica proveniente da rede : bica corrida – 149,1 Kwh; material peneirado – 168,5 Kwh.