MIROSLAVA HAMZAGIC

ECO-*KANBAN*: SISTEMATIZAÇÃO NO REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS

Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, na fase de Defesa, para obtenção do Título de Doutor em Engenharia.

SÃO PAULO
2010

MIROSLAVA HAMZAGIC

ECO-*KANBAN*: SISTEMATIZAÇÃO NO REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS

Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, na fase de Defesa, para obtenção do Título de Doutor em Engenharia.

Área de Concentração:
Gestão de Operações e Logística

Orientador:
Prof. Dr. Paulino Graciano Francischini

SÃO PAULO
2010

Nome: HAMZAGIC, Miroslava

Título: ECO-Kanban: Sistematização no Reaproveitamento de Resíduos Industriais

Tese apresentada ao Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Doutor em Engenharia

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____Instituição: _____

Julgamento: _____Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____Instituição: _____

Julgamento: _____Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____Instituição: _____

Julgamento: _____Assinatura: _____

HAMZAGIC, Miroslava. **ECO-*Kanban*: Sistematização no Reaproveitamento de Resíduos** Industriais. Tese apresentada ao Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Doutor em Engenharia.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____Instituição: _____

Julgamento: _____Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____Instituição: _____

Julgamento: _____Assinatura: _____

Dedicatória

Aos meus filhos Vicenzo e Giovanna, que incansavelmente mantiveram-se ao meu lado valorizando cada momento de alegria, apoiando-me nos momentos de tristeza e dor: eu não seria nada sem vocês.

A meus pais Mustafá e Filomena, que mesmo distantes dos meus olhos, nunca deixaram de estar próximos em pensamento, dando-me força, fé e amor.

Agradecimentos

A Deus primeiramente, por tudo que coloca em minha vida, fazendo-me cada dia mais acreditar.

Ao Prof. Dr. Paulino Graciano Francischini, pela orientação deste trabalho, e pelo exemplo em conhecimento, sabedoria, amizade, integridade e dedicação.

A Profa. Dra. Vera Lúcia Inácio Molina, pela maravilhosa amizade, por seu tão grande exemplo, pela constante orientação.

Ao Prof. Dr. David Nakano, pela grande contribuição à minha vida profissional e acadêmica.

Ao Prof. Dr. José Luiz Gomes da Silva, professor e eterno orientador.

Aos Srs. João Vilhena, Sérgio Venerando, Julio Galvão, Juliano Assis e Heraldo, da empresa NSG Group. Ao Prof. MSc Julio César Gonçalves, aos Srs. Clayton Borges, Cícero, Plínio da empresa Alstom Power e ao Sr. Aurélio da empresa ResiControl, meu mais profundo agradecimento pela oportunidade na aquisição de tão grande conhecimento.

À Universidade de Taubaté (Unitau), por acreditar em minha capacidade e em meu potencial acadêmico: ao Prof. Dr. Edson Aparecida Querido de Oliveira e à Profa. MSc Marlene Ferreira Santiago.

À Profa. Dra. Quésia Postigo Kamimura, sem a qual eu jamais teria começado esta jornada.

As minhas irmãs Hadia e Ludmila pelo exemplo de amor, sensibilidade, paciência e fé: sem vocês eu jamais teria chegado até aqui.

A todos que direta ou indiretamente ajudaram a viabilizar este sonho maravilhoso...

Muito obrigada!

“O que a vida quer de nós é coragem!”

Guimarães Rosa

RESUMO

HAMZAGIC, M. **ECO-*Kanban*: Sistematização no Reaproveitamento de Resíduos Industriais**. 2010. 163 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Produção, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

Alguns fatores influenciam a competitividade das organizações na atualidade, frente às empresas globais: a utilização de tecnologia de ponta, a difusão do conhecimento, a preocupação com questões ambientais, entre outros. Este último fator tem sido de grande interesse, devido a todas as mudanças que o mundo tem enfrentado. Para todas as empresas, a busca pela mudança de processos e pela extinção de atividades poluidoras não tem sido muito fácil. Uma das maiores dificuldades é inserir ações de reaproveitamento nas atividades do dia a dia da empresa, aproveitando práticas que vem sendo utilizadas com resultados positivos. Sistemas de administração da produção, ferramentas como *kanban* podem ser um dos exemplos destas práticas, ou seja, a sistematização das informações consideradas vitais para a empresa. Este trabalho tem o objetivo de propor um modelo de sistematização das informações sobre resíduos, através da utilização do *kanban,* como forma de auxiliar o reaproveitamento destes resíduos entre membros da cadeia produtiva. A metodologia proposta é tanto experimental, do modelo em teste, uma vez que o modelo foi testado por quatro empresas, como observação participante e a abordagem é triangular, onde os aspectos qualitativos e quantitativos foram somados para buscar os dados necessários à concepção do modelo. Os resultados obtidos mostraram que quando a informação da quantidade e freqüência de geração do resíduo é sistematizada, ou seja, é disponibilizada pela empresa cliente de forma repetitiva e contínua, como parte integrante de todo o sistema de informação, outra empresa da cadeia não só reaproveita este resíduo como também providencia adequadamente os recursos necessários para a realização deste fluxo de reaproveitamento. A conclusão a que se chegou foi de que a informação sistematizada para ambas as empresas é importante, principalmente para o planejamento do reaproveitamento do resíduo, pois, quando a sua geração for inevitável, sua disposição precisará de todos os tipos de recursos para que seja feita adequadamente.

Palavras-Chave: Logística Reversa**.** Sistematização. Reaproveitamento. Resíduos Industriais. *Kanban*.

ABSTRACT

HAMZAGIC, M. **ECO-Kanban: Sistematization for Recycling of Industrial Waste.** 2010. 163 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Produção, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

Some factors influence the competitiveness of the organizations in the present time, front to the global companies: the use of new technology, the diffusion of the knowledge, the concern with ambient questions, and others. This last factor has been of great interest, which had to all the changes that the world has faced. For all the companies, the search for the change of processes and the extinguishing of polluting activities has not been very easy. One of the biggest difficulties is to insert action of recycling in the activities of the company, being used to advantage practical that it comes being used with positive results. Systems of production planning, tools as *kanban* can be one of the examples of these practical, that is, the systematization of the information considered vital for the company. This work has the objective to present a model of systematization of the waste information, through the use of *kanban*, as form of assisting the recycling of this waste between members of the productive chain. The methodology proposal is experimental, of the model in test, a time that the model was tested by four companies, and participant, and the boarding is triangular, where the qualitative and quantitative aspects will be added to search the necessary data to the conception of the model. The gotten results had shown that when the information of the amount and frequency of generation of the waste is systemized, that is, are showed by the company customer of continuous and repetitive forms, as integrant part of all the information system, another company of the chain not only recycle this waste as well as provides adequately the necessary resources for the accomplishment of this flow of recycling. The conclusion was of that the information systemize for both the companies is important, mainly for the planning of the recycling of the residue, therefore, when its generation will be inevitable, its disposal will need all the types of resources so that it is made adequately.

Key-word: Reverse logistics. Systematization. Recycling. Industrial waste. Kanban.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Modelo Teórico Simplificado Proposto na Tese 17
Figura 1.2 - Esquema representativo da Lacuna do conhecimento a ser preenchida pelo trabalho 18
Figura 1.3 – Estrutura da Tese 19
Figura 1.4 – Detalhe do Desenvolvimento do Trabalho (Teste do Modelo) 21
Figura 2.1 – Abordagens da Prevenção da Poluição 27
Figura 2.2 – Produção Mais Limpa – Níveis de Intervenção 29
Figura 2.3 - Modelo Tradicional no Tratamento de Resíduos Sólidos 33
Figura 2.4 – Gestão de Resíduos Sólidos Industriais Incluindo Reciclagem 34
Figura 2.5 – Modelo de Gestão de Resíduos Sólidos Industriais de acordo com a Política Ambiental Mundial 35
Figura 2.6 – Novo Modelo para a Logística Reversa 38
Figura 2.7 – Exemplos de Cartão Kanban 45
Figura 3.1 – Evolução do Modelo Simplificado para o Modelo Inicial 51
Figura 4.1 – Esquema dos Métodos de Análise Utilizados 54
Figura 4.2 – Etapas da Pesquisa 56
Figura 5.1 – *Float Process* – Um dos processos produtivos para obtenção do vidro plano 65
Figura 5.2 – Esboço da Sequência do Processo Produtivo do Vidro Automotivo 66
Figura 5.3 – Matéria Prima PVB estocada no armazém climatizado 66
Figura 5.4 – Embalagem interna da resina PVB 67
Figura 5.5 – Rolo de PVB sendo aberto na sala fria na produção 67
Figuras 5.6 e 5.7 – Rolo de PVB sendo posicionado para estiramento 68
Figuras 5.8 e 5.9 – Preparação para corte do PVB 68
Figuras 5.10 e 5.11 – Preparação para corte 69
Figuras 5.12 e 5.13 – Vidro inferior com a resina PVB 69
Figuras 5.14 – "Sanduíche"- Vidros inferior e superior com PVB colocado internamente 70
Figuras 5.15 e 5.16 – Corte do excedente de PVB 70
Figuras 5.17 e 5.18 – Continuação do corte do excedente de PVB 71
Figura 5.19 – Corte do PVB 71
Figura 5.20 – Vidro pronto para colagem 72
Figuras 5.21 e 5.22 – Resíduo de PVB 72
Figuras 5.23 e 5.24 – Embalagens retornáveis com PVB 73
Figuras 5.25 e 5.26 – Forno para colagem do vidro 73
Figuras 5.27 e 5.28 – Vidros no carrossel para "esfriamento" 74

Figura 5.29 – Filete já cortado no chão 74
Figura 5.30 – Modelo do ECO-*Kanban* adaptado para a indústria de vidros 76
Figura 5.31 – Fluxo das Atividades do Experimento 78
Figura 5.32 – Funcionamento do ECO-Kanban para a Empresa 'A' 84
Figura 5.33 – Detalhe do Ressuprimento da Matéria Prima 84
Figura 5.34 – Bobinas de Aço para Produção de Peças Estampadas 86
Figura 5.35 – Desenho da Chapa de Aço com Detalhe do Recorte 88
Figura 5.36 – Chapa de Aço Recortada 89
Figuras 5.37, 5.38 e 5.39 – Peças Estampada para a Armação 89
Figura 5.40 – Área de Estamparia com Detalhe da Prensa 90
Figura 5.41 – Detalhe da rampa da área de prensas para subsolo 91
Figura 5.42 – Detalhe da embalagem metálica e rampa no subsolo da área fabril 91
Figura 5.43 – Detalhe da Etiqueta Externa da Embalagem Metálica 92
Figura 5.44 – Etiqueta com Instrução de Trabalho 92
Figura 5.45 – Processo Produtivo da Área da Estamparia com a Inserção do ECO-Kanban 93
Figura 5.46 – Integrantes Teste do Modelo ECO-Kanban – Empresa 'B' 95
Figura 5.47 – Modelo Ilustrativo ECO-*Kanban* - Empresa 'B' e seus Fornecedores 104
Figura 5.48 – Detalhe do Modelo ECO-*Kanban* – Empresa 'B' 104
Figura 5.49 – ECO-*Kanban* adaptado à Montadora e seus Fornecedores 105
Figura 5.50 e 5.51 – Distribuidores e Painel de Comporta respectivamente 107
Figura 5.52 – Rotor Foz do Chapecó 107
Figuras 5.53 e 5.54 – Pá em aço inox sob forma bruta recebida na empresa. 109
Figuras 5.55 e 5.56 – Pá bruta na área produtiva 109
Figuras 5.57 e 5.58 – Caçamba com Cavaco - Pá sendo usinada ao fundo. 110
Figuras 5.59 e 5.60 – Embalagens Metálicas com Resíduo 110
Figura 5.61 – Embalagem Metálica pintada para o ECO-*Kanban* 111
Figura 5.62 – Caçamba Metálica de Maior Dimensão Utilizada para a Retirada do Resíduo 111
Figuras 5.63 e 5.64 – Pás Semi Prontas 112
Figura 5.65 – Pá Usinada sendo Lixada para Correção das Imperfeições 112
Figura 5.66 – Processo da Usinagem de Pás 113
Figura 5.67 – Processo de Usinagem das Pás com o Kanban de Caçambas 115
Figura 5.68 e 5.69 – Máquina para Lixamento e Detalhe da Lixa Pedra Copo Respectivamente 116
Figura 5.70 – Processo de Usinagem das Pás com ECO-Kanban Interno 117
Figura 5.71 – Modelo ECO-Kanban para Empresa 'C' 118

Figura 5.72 – Modelo ECO-*Kanban* Adaptado para a Indústria de Mecânica Pesada 119
Figura 5.73 – Produção na Usina de Cimento – Detalhe do Forno 121
Figura 5.74 – Descarregamento dos resíduos pastosos 128
Figura 5.75 – Local de acondicionamento dos resíduos pastosos 128
Figuras 5.76 e 5.77 – Recebimentos dos Tambores com Resíduo Sólido 129
Figura 5.78 – Separação do Resíduo Sólido 129
Figura 5.79 – Almoxarifado de Tambores com Resíduo Industrial 130
Figura 5.80 – Elevador que conduz os tambores para o *mezanino* 131
Figuras 5.81 e 5.82 – Tambores sendo despejados na maquina processadora do *blend* 131
Figuras 5.83 e 5.84 – Tambores sendo despejados na maquina em outra entrada de resíduos 132
Figuras 5.85 e 5.86 – Áreas de limpeza de tambores 132
Figura 5.87 – Acondicionamento externo do *blend* 133
Figuras 5.88 e 5.89 – Recebimento, Separação e Armazenamento Resíduo para Substituição de Matéria Prima 133
Figuras 5.90 e 5.91 – Resíduo Industrial sendo triturado para posterior destruição 134
Figura 5.92 – Máquina que realiza a trituração do resíduo 134
Figuras 5.93 e 5.94 – Detalhes do Forno de Cimento 135
Figura 5.95 – Detalhe da Parte Interna do Forno 135
Figura 5.96 – Esquema do processo produtivo da Empresa 'D' 136
Figura 5.97 – Pontos de Entrada de Resíduos na Usina de Cimento 136
Figura 5.98 – Informações Disponíveis na Cadeia 139
Figura 5.99 – Teste do Modelo ECO-*Kanban* na Empresa 'D' – 1ª Fase 140
Figura 5.100 – Teste do Modelo ECO-*Kanban* na Empresa 'D' – 2ª Fase 141
Figura 5.101 – Teste do Modelo ECO-*Kanban* na Empresa 'D' – 3ª Fase 142
Figura 5.102 – Posicionamento do ECO-*Kanban* na Empresa'D 143

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 5.1 – Volume de Resíduo Gerado Estocado na Área da Produção- 1º Mês da Pesquisa Experimental 99

Gráfico 5.2 – Volume de Resíduo Gerado Estocado na Área da Produção- 2º Mês da Pesquisa Experimental 100

Gráfico 5.3 – Volume de Resíduo Gerado Estocado na Área da Produção- 3º Mês da Pesquisa Experimental 100

Gráfico 5.4 – Volume de Resíduo Gerado Estocado na Área da Produção- 4º Mês da Pesquisa Experimental 101

Gráfico 5.5 – Utilização de Resíduo na Fabricação das Peças 102

Gráfico 5.6 – Consumo Específico de Energéticos na Indústria de Cimento 121

Gráfico 5.7 – Destino dos Resíduos Gerados no País/Ano 124

Gráfico 5.8 – Acompanhamento dos Resultados – Novembro/2008 – Parcial 1ª e 2ª Fases . 144

Gráfico 5.9 – Acompanhamento dos Resultados – Dezembro/2008 – 3ª Fase 145

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Abordagens de Gestão Ambiental Empresarial 26
Quadro 3.1 – Interpretação das Partes da Hipótese 49
Quadro 4.1 – Fontes Utilizadas para Coleta dos Dados 55
Quadro 4.2 – Correlação entre Hipótese e Questões do Roteiro de Pesquisa 60
Quadro 4.3 – Roteiro para a Pesquisa de Campo 61
Quadro 4.4 – Empresas Utilizadas na Pesquisa do Trabalho 63
Quadro 5.1 – Informações Utilizadas para o Planejamento do Reaproveitamento do Resíduo 80
Quadro 5.2 – Partes estampadas e percentuais de resíduo gerado 88
Quadro 5.3 – Peças Estampadas Externas x Peças Estampadas Internas 98
Quadro 5.4 – Resíduos permitidos na queima em forno clínquer 124
Quadro 5.5 – Resíduos proibidos na queima em forno clinquer 124
Quadro 6.1 – Resumo dos Dados Obtidos no Trabalho 147

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 – Informações para Compra de Matéria Prima PVB 81
Tabela 5.2 – Informações para a Compra de Matéria Prima Ajustada 81
Tabela 5.3 – Dados para Programação da Produção de Peças Reaproveitadas 103

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO 13
1.1 Tema e Escopo do Trabalho 15
1.2 Objetivo do Trabalho 16
1.3 Justificativa 17
1.4 Estrutura da Tese 19
1.5 Método de Pesquisa 20
1.6 Estrutura do Trabalho 21
CAPÍTULO 2 REVISÃO DE LITERATURA 22
2.1 – Produção e Sustentabilidade 22
2.2 Logística Reversa e Empresas Ecoeficientes 35
2.3 A Agregação de Valor por meio da Informação 43
2.4 Kanban 44
2.4.1 Histórico e Definição 44
2.4.2 Tipos de *Kanban* 46
CAPÍTULO 3 MODELO DE INFORMAÇÃO DE RESÍDUOS 47
3.2 Problema de Pesquisa e a Hipótese do Trabalho 48
3.3 Modelo Proposto 49
3.3.1 Quesitos Básicos 50
3.3.2 Formas Gráficas 50
3.3.3 Modelo Inicial – Operacionalização da Hipótese do Trabalho 51
CAPÍTULO 4 ABORDAGEM METODOLÓGICA 54
4.1 Coleta e Análise dos Dados 58
CAPÍTULO 5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS 64
5.1 Empresa ‘A’: Segmento de Vidros para Indústria da Construção Civil e Automobilística 64
5. 1.1 Teste do Modelo ECO-*Kanban* 75
5.2 Empresa ‘B’: Segmento Montadora de Veículos para o Mercado Nacional 85
5.2.1 Descrição do Processo Produtivo 85
5.2.2 Teste do Modelo ECO-*Kanban* 94
5.3 – Empresa ‘C’ - Segmento Mecânica Pesada 105
5.3.1 Teste do Modelo ECO-*Kanban* 113
5.4 Empresa ‘D’ - Segmento de Tratamento e Disposição de Resíduos Sólidos Industriais 119
5.4.1 O Reaproveitamento dos Resíduos nas Indústrias de Cimento 120

5.4.2 O Processo Produtivo da Empresa 'D' 125
5.4.3 – O Teste do Modelo ECO-*Kanban* na Empresa 'D' 136
CAPÍTULO 6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 146
6.1 Apresentações das Empresas 146
6.2 Apresentação Conjunta dos Dados Obtidos nos Casos 148
6.2.1 Produto Principal e Tipo de Resíduo 148
6.2.2 Tipo de Resíduo 148
6.2.3 Situação Antes da Aplicação do Modelo ECO-*Kanban* 149
6.2.4 Situação Depois da Aplicação do Modelo ECO-*Kanban* 149
6.2.5 Os Resultados Obtidos e suas Evidências 150
CAPÍTULO 7 CONCLUSÃO 151
7.1 A concepção do modelo e a utilização do *kanban* 151
7.2 Empresas onde o teste do modelo foi realizado 151
7.3 A sistematização do fluxo da informação e o reaproveitamento dos resíduos industriais 152
7.4 A colaboração dos demais integrantes da cadeia 153
7.5 Recomendações para a implantação do Modelo 154
7.6 Sugestões para estudos futuros 154
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 157

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2010), todo o avanço ocorrido nos últimos anos, embora benéfico para a economia mundial e para os fatores sociais do ser humano (aprendizado, evolução tecnológica, rede de relacionamentos), foi desastroso para o meio ambiente. Em 2004, a humanidade enfrentou o ano de maior quantidade de eventos climáticos: altos índices de dióxido de carbono, extinção de espécies, descongelamento das calotas glaciais (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, UNEP, 2008).

No final da década de 80, diante do reconhecimento por parte das organizações da necessidade de controlar e melhorar seu desempenho ambiental, o enfoque destas questões passou do controle para a prevenção (MATOS E SCHALCH, 2000). Uma das primeiras iniciativas que confirmou este fato foi a criação, em 1988, pela *U.S. Environmental Protection Agency*, no *Waste Minimization Opportunity Assessment Manual*, WMOAM, da expressão *waste minimization*, que procurava disseminar no meio industrial a prática das quatro alternativas básicas do controle de poluição industrial: (i) redução de resíduos na fonte; (ii) reciclagem; (iii) tratamento ou incineração; (iv) disposição adequada. Toda empresa, que decidisse por iniciativas de minimização dos resíduos, deveria obrigatoriamente optar pelas alternativas de forma individual e conjunta das quatro ações mencionadas (WMOAM, 1988). Um dos fatores mais conhecidos na época era que o desenvolvimento de produtos para consumo, sempre ocorria de maneira muito rápida, quando em comparação com a criação de alternativas para minimizar práticas poluentes, que eram sempre muito caras e deveriam envolver uma série de empresas, com atividades específicas em cada uma delas, em uma considerável área geográfica (MATOS E SCHALCH, 2000).

Apesar de todos os estudos realizados e os esforços das organizações, eventos ambientais mundiais dos mais diversos, as empresas continuavam a buscar formas eficientes e rápidas para o descarte do resíduo gerado. Percebeu-se que qualquer tipo de iniciativa podia se tornar onerosa, comprometer o meio ambiente e a imagem da empresa. O procedimento para descarte que não fosse muito bem definido poderia se tornar oneroso sob todos os aspectos (HAGAR, 2007).

Sabia-se que o reaproveitamento dos resíduos gerados por uma empresa necessitava seguir uma seqüência de ações que deveriam ser determinadas após a definição de algumas informações consideradas básicas: onde reaproveitar, ou seja, onde o resíduo será reutilizado, quanto poderá ser reutilizado e por quem (ROSA E GUEDES, 2003). Quando isto

acontecesse garantia-se que o reaproveitamento dos resíduos industriais pudesse ser feito de forma a agregar valor para empresas, mercado e acionistas, constituindo então uma cadeia se suprimentos reversa (GONÇALVES E MARINS, 2006; FUNDACION ENTORNO, 2008).

Posteriormente, em 1995, o conceito de Produção mais Limpa (PmaisL) foi criado pela UNEP *(United Nations Environment Programme*, 1995), que visava à aplicação contínua de uma estratégia técnica, econômica e ambiental integrada aos processos, produtos e serviços que tinha o objetivo de aumentar a eficiência no uso dos recursos produtivos pela sua não geração, minimização e reciclagem. A hierarquia no gerenciamento de poluentes, proposta por esta filosofia*,* indicava que quando não fosse possível evitar a geração de resíduos em um processo produtivo, de um produto descartado ou em um serviço prestado, este resíduo deve ser reaproveitado ou no mesmo processo produtivo, ou fora dele, mas ainda dentro de uma cadeia produtiva (CBDS, COMISSÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2008). Nestas cadeias, empresas clientes e fornecedoras de produtos de organizações que geravam resíduos reaproveitáveis (aço, vidro, ferro, alumínio, papel), tinham dificuldade de obter uma informação precisa, como por exemplo, sobre o volume de resíduo disponível para coleta e reciclagem e quanto deste volume poderia ser considerado para reaproveitamento (FUNDACION ENTORNO, 2008). A falta destes dados de forma freqüente e contínua implicava na dificuldade de planejamento, na dificuldade da consolidação do transporte, no aumento dos custos globais e conseqüentemente no reaproveitamento dos resíduos. Empresas multinacionais implantavam sistemas complexos de informação para uma produção cada vez mais tecnologicamente atualizada, mas não sustentável. A falta de informações como quantidade de resíduo gerado, freqüência de sua geração e onde efetivamente este resíduo poderia ser reutilizado, implicava na dificuldade de se executar um planejamento de sua reutilização como matéria prima, mesmo em empresas que ainda não dispusessem de um sistema de informação para isto. (GONÇALVES E MARINS, 2006).

A proposta deste trabalho nasceu da observação das práticas produtivas e dos resíduos inerentes a elas. Embora as empresas buscassem, para estas práticas, cada vez mais uma tecnologia de primeiro mundo, o mesmo não aconteceu com o descarte dos resíduos. Sistemas de produção cada vez mais evoluídos, informações cada vez mais rápidas e atualizadas, poderiam ser da mesma maneira utilizadas no planejamento do descarte dos resíduos industriais como forma de propor um alinhamento da tecnologia já disponível. Desde a década de 60, quando a indústria mundial passou a conhecer as técnicas japonesas de produção, novos conceitos foram inseridos a cada ano, sempre com a preocupação do

aumento da eficiência e redução de custos. Nenhuma destas novas práticas procurou olhar para a final do processo produtivo de forma estratégica, como vem olhando para o início dele (CALIA, 2007).

Este trabalho procurou utilizar um conceito já sedimentado no meio industrial, como forma de facilitar o entendimento e a prática do modelo de reaproveitamento de resíduo: o *kanban.* O modelo procura incentivar a reciclagem do resíduo produtivo, através da mensagem automática de "*start*" de uma nova produção que ele fornece. Por este motivo o nome: ECO-*Kanban.*

Toda produção gera algum tipo de resíduo. Estes resíduos são denominados resíduos compulsórios (BERTÉ, 2009). A possibilidade de seu reaproveitamento vem extinguir um problema que é a disposição inadequada e onerosa para a empresa (ROCHA E CHERIAF, 2001). O controle das informações necessárias para o reaproveitamento do resíduo pode implicar não só no encontro de uma solução adequada para a sua disposição, mas na visualização do quanto o processo produtivo está estável ou não, e isto poderá tornar o modelo ainda mais relevante.

Esses pressupostos levaram ao problema de pesquisa deste trabalho:
A falta de um fluxo de informação sistematizado entre empresas, conhecidas as viabilidades técnica, econômica, comercial e a agregação de valor, dificulta o reaproveitamento dos resíduos industriais?

Defende-se então, a seguinte Hipótese:
A existência de um fluxo de informação sistematizado entre empresas, proporcionando a visibilidade do estoque e freqüência da geração dos resíduos, favorece a disposição adequada, ou seja, o reaproveitamento e reciclagem destes resíduos, por qualquer outro integrante desta e de outra cadeia reversa.

Demonstrada a hipótese do trabalho, dispõe-se de um fluxo que pode ser considerado como uma experiência positiva para a organização de um modelo, o qual deve inserir a comunicação como ferramenta relevante no aproveitamento de resíduos industriais,

1.1 Tema e Escopo do Trabalho

O estudo, é tanto teórico quanto empírico, para a identificação de como as empresas definem as atividades para a disposição de seus resíduos. A questão de pesquisa surgiu da observação da existência de uma informalidade no reaproveitamento e reciclagem dos resíduos industriais (PHILIPI JR, HAMZAGIC, KAMIMURA, 2004). Conforme Gonçalves e Marins (2006), a falta de uma informação constante e íntegra, é um dos principais impasses da formalização deste reaproveitamento. Ainda conforme os mesmos autores, informações desconexas, desencontradas, que não obedecem a considerações pré-definidas, não são úteis em um meio produtivo. Quem for utilizá-las deve determinar parâmetros considerados básicos em qualquer sistema de planejamento. Os resíduos são gerados juntamente com as atividades de produção, mas não possuem um controle com o mesmo rigor, em empresas nacionais e multinacionais instaladas no país, que já encaram as iniciativas de reaproveitamento um diferencial frente ao mercado e à concorrência (CALIA, 2007). Para elas, esta expressão significa um maior rigor no controle dos resíduos produtivos e a perpetuação do negócio, no mercado. Mas, esta iniciativa, requer uma transformação do pensamento organizacional, que altere seu modo de encarar o negócio, sem, no entanto, perder a visão do que é importante para o consumidor (CALIA, 2007).

1.2 Objetivo do Trabalho

A partir da contextualização acima, propõe-se um modelo teórico que favoreça e auxilie no reaproveitamento sistematizado de resíduos industriais, sólidos, não perigosos, não contaminantes e não perecíveis, que já possuam um estudo técnico que permita seu reaproveitamento. Esta sistematização se dará sob a forma de uma troca de informação automática entre empresas de cadeias de suprimentos, por meio de sistemas informatizados ou administrativos. O ponto importante deste modelo está na visibilidade do volume e freqüência do estoque do resíduo na cadeia, pois estes dados são necessários para o planejamento de sua reutilização. Acredita-se que, uma vez definida a viabilidade técnica de seu reaproveitamento, conhecendo-se freqüência, quantidade de sua geração, ele poderá ser rapidamente reabsorvido por este conjunto de empresas.

Abaixo se encontra o modelo teórico proposto, da forma como foi inicialmente idealizado.

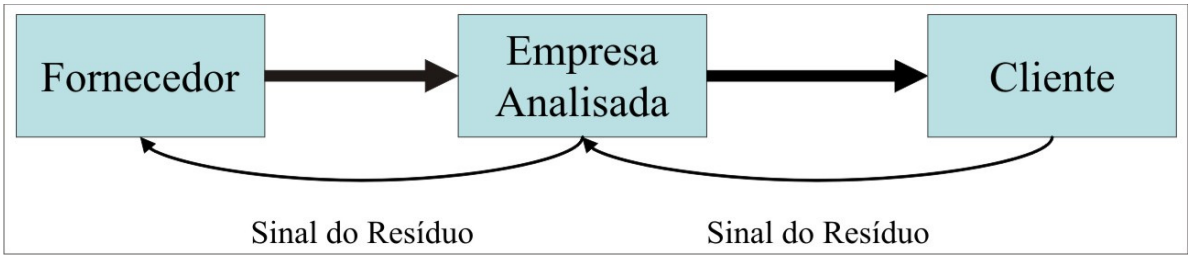


Figura 1.1 – Modelo Teórico Simplificado Proposto na Tese

Utiliza-se a expressão 'fluxo de informação sistematizado' com o significado de um 'fluxo de informação ordenado, organizado, metódico e contínuo' e no caso deste trabalho em sentido duplo, ou seja, entre clientes e fornecedores (LIMA et. ali, 2001)

Este trabalho propõe um sistema que informa a existência de resíduos, e que pretende funcionar como um ponto de início de novas ordens de produção, de matérias primas para novas ordens de novas quantidades de produto acabado, fechando assim o *closed looping supply*, ciclo tradicional da logística reversa.

1.3 Justificativa

Considera-se o trabalho relevante, pois ele envolve duas questões importantes: iniciativas de reaproveitamento de resíduos industriais e a utilização da informação.

A reutilização do resíduo como matéria prima, implica em ações de planejamento. Estas ações só podem ser concretizadas se forem alimentadas pelas informações já mencionadas anteriormente: quantidade de resíduo gerado, freqüência de geração do resíduo e onde ele será reutilizado. Mas estas informações precisam ser trocadas entre os membros da cadeia produtiva, numa freqüência e de modo que satisfaça as ações de planejamento. O interesse principal do trabalho é reunir comprovações teóricas e empíricas de que existem iniciativas de reaproveitamento de resíduos industriais, mas que estas iniciativas são parciais e segmentadas, pois não acontecem de forma automática, sistematizada. A presença desta informação precisa estimularia as ações de reciclagem. A falta desta informação sistematizada justifica a relevância da produção deste conhecimento para a construção do modelo, assim como os benefícios sociais como a cooperação entre empresas.

Exatamente nesta etapa da elaboração da proposta que foi encontrada a lacuna, onde o modelo deste trabalho pretende se inserir, apresentada conforme a Figura 1.2.

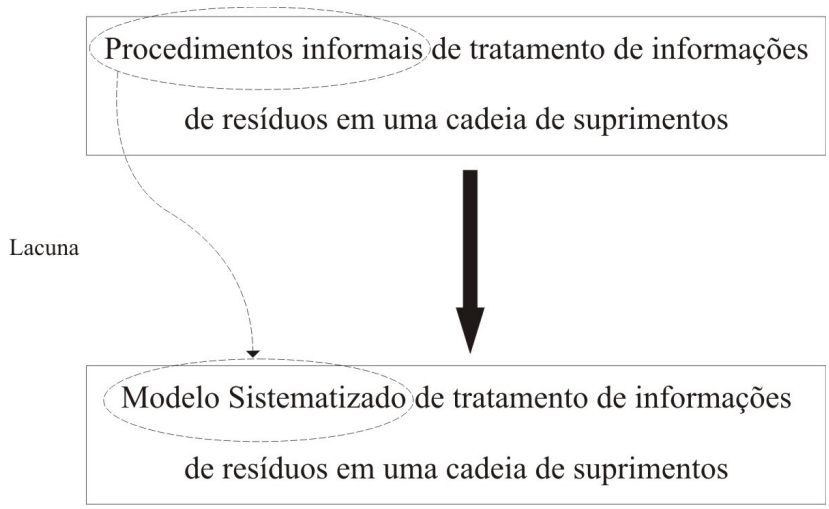


Figura 1.2 - Esquema representativo da Lacuna do conhecimento a ser preenchida pelo trabalho

Procurou-se então, definir um indicativo constante da presença deste resíduo e provar que este indicativo funcionaria como um propulsor da execução das atividades posteriores. Com isto, as atividades de reaproveitamento dos resíduos seriam uma continuidade das atividades da cadeia produtiva, pois seriam padronizadas e 'procedimentadas' como as atividades de transformação de materiais e serviços.

De acordo com Ketzenberg (2009), a informação é um dos fatores mais valiosos para a movimentação de retorno de materiais na logística reversa. Segundo ainda o mesmo autor, quando a logística começou a utilizar a informação para agregar valor à suas atividades, já na década de 90 (no *e-commerce*, por exemplo), autores passaram a analisar como a informação poderia incrementar o desempenho da cadeia de suprimentos. Para a logística reversa, a informação adquire uma posição importante para a gestão do inventário, de onde se inicializam as ações de reaproveitamento (KETZENBERG, 2009).

Conforme Saen (2009), a maioria das empresas que praticam a logística reversa, não possuem o gerenciamento correto das informações que necessitam. Seguindo a ordem natural de evolução dos relacionamentos entre os membros da cadeia, estas empresas tendem a terceirizar a maioria de suas atividades logísticas para operadores com competência mundialmente conhecida, mas repassa a dificuldade na gestão de estoques de seus materiais, tanto produtivos, não produtivos e residuais.

1.4 Estrutura da Tese

A Figura 1.3, identifica o processo de construção desta Tese, desde a definição do problema de pesquisa ou objeto de estudo, passando pelos estudos teórico-metodológicos e de campo, até a apresentação do modelo proposto com os devidos ajustes.

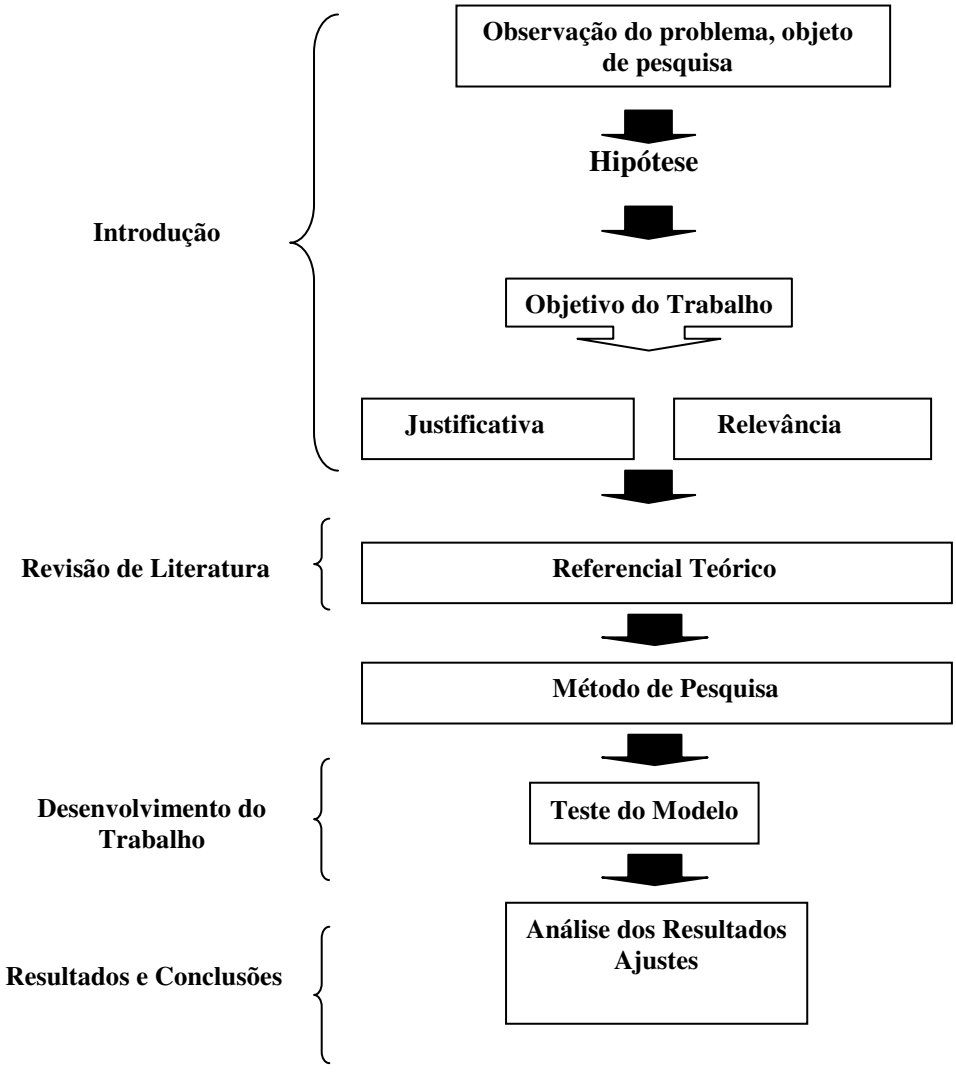


Figura 1.3 – Estrutura da Tese

Inicialmente, conforme já descrito, a observação da condição de informalidade no reaproveitamento dos resíduos industriais, foi percebida, pelas observações realizadas em algumas empresas. Verificou-se que embora a preocupação na geração, disposição e

reaproveitamento de resíduos fosse real, procedimentos eficazes ainda não estavam inseridos em seu dia-a-dia. Então, esta percepção, deu início às primeiras questões do trabalho. Ao se definir a hipótese, ou seja, ao se propor o modelo, a primeira idéia era que ele, de maneira sistemática, retroalimentaria a cadeia com informações consideradas importantes para as iniciativas do reaproveitamento do resíduo.

A partir de então, elaborou-se a revisão de literatura e posteriormente foram enumeradas as empresas de vários segmentos, que pudessem testar o modelo. Todas as empresas que aceitaram participar do trabalho testaram o modelo. Em algumas se conseguiu comprovar o ineditismo e outras a relevância do trabalho.

1.5 Método de Pesquisa

O modelo de pesquisa escolhido para este trabalho foi experimental, observacional, e a abordagem triangular, ou seja, abordagem qualitativa e quantitativa simples (não utilizando tratamento quantitativos de dados). As empresas experimentaram o modelo, o avaliaram e o pesquisador utilizou a observação sistemática do fluxo de informações e materiais entre empresas clientes e fornecedoras.

O modelo de pesquisa e as abordagens qualitativas e quantitativas permitiram identificar os entraves, e visualizar se o modelo era ou não adequado à realidade.

Na Figura 1.4 é apresentado o processo de pesquisa experimental em três etapas distintas e a validação empírica do modelo:

A. Observação das práticas de produção e reaproveitamento de resíduos, analisada pelo aporte teórico que consta da revisão de literatura;
B. Organização dos dados colhidos, a partir dos resultados obtidos pela observação e experimentação do modelo pelas empresas;
C. Avaliação durante a experimentação, e verificação da operacionalidade do modelo;
D. Pesquisa experimental e validação empírica do modelo, construído para responder à questão principal da pesquisa.

O cumprimento deste processo teve o objetivo de demonstrar que a hipótese proposta respondia ao problema de pesquisa, pois favorecia o reaproveitamento de resíduos devido à existência de uma informação sistematizada entre empresas clientes e fornecedoras.

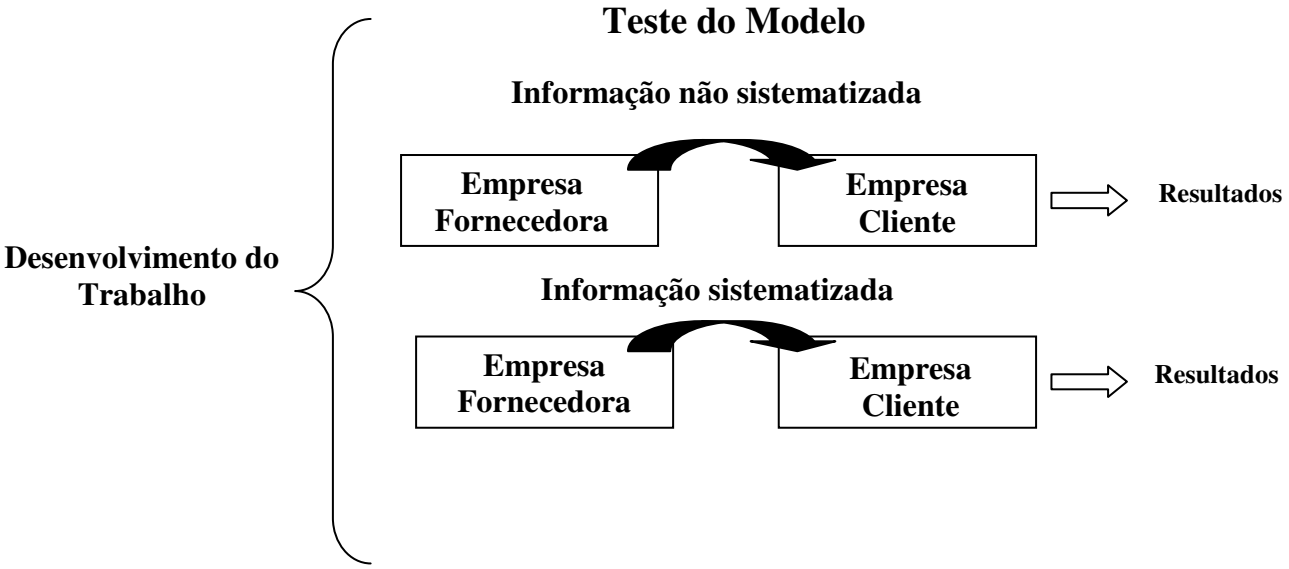


Figura 1.4 – Detalhe do Desenvolvimento do Trabalho (Teste do Modelo)

1.6 Estrutura do Trabalho

Além do presente capítulo introdutório, este trabalho é composto de mais cinco capítulos, conforme o esquema abaixo:

- Capítulo 2 – Revisão de Literatura: embasamento teórico pesquisado em publicações já existentes, sobre o assunto;
- Capítulo 3 – Apresentação do Problema, a Construção da Proposição com a Apresentação do Modelo Teórico Proposto: este capítulo detalha como foi construído o modelo, com base no problema encontrado e na elaboração da proposição principal;
- Capítulo 4 – Abordagem Metodológica da Pesquisa: este capítulo apresenta o método escolhido para a pesquisa do trabalho e o planejamento para sua execução, considerando as empresas escolhidas para a pesquisa de campo;
- Capítulo 5 – Desenvolvimento: Aplicação do Modelo do ECO-*Kanban*. Neste capítulo estão os resultados da aplicação do modelo nas empresas pesquisadas;
- Capítulo 6 - Discussão dos resultados obtidos;
- Capítulo 7 – Apresentação das Conclusões e apresentação de algumas observações para pesquisas futuras.

CAPÍTULO 2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo tem o objetivo de apresentar as informações, extraídas das publicações, que foram utilizadas para dar o embasamento teórico ao trabalho. Foram abordados conceitos que procuraram sustentar as premissas que deram origem à hipótese, buscando estabelecer uma seqüência dos principais fatos ligados ao meio ambiente, logística reversa e o mundo empresarial. O presente texto procurou primeiramente mostrar a evolução do conceito de sustentabilidade aliado à produção, o que já existe relacionado às iniciativas empresariais na melhoria dos processos produtivos para a redução da emissão de resíduos poluentes e as várias formas existentes de sistematização da disposição destes resíduos. A partir de então, o trabalho apresenta as principais dificuldades indicadas pelos autores para o alcance desta sistematização. O texto termina com uma explanação sobre o conceito *Kanban*.

2.1 – Produção e Sustentabilidade

O ambiente empresarial passou por grandes acontecimentos na década de 90 (CHAVES E MARTINS, 2005). Toda essa mudança deveu-se principalmente ao surgimento da globalização, dos mercados abertos, da mudança do perfil do consumidor, do aumento do número de competidores, da diminuição do ciclo de vida do produto e da agregação de valor aos serviços (WOODY JR, 2000.).

A maioria das teorias existentes até a década de 90 pressupunha organizações como entidades distintas, com ativos mensuráveis, prédios, estruturas definidas, mão-de-obra fixa (WOOD JR, 2000). A partir de então, isto deixou de acontecer. Houve um aumento considerável de arranjos como as terceirizações, tele trabalho, utilização de mão-de-obra temporária, aproximação com fornecedores, parcerias com clientes e alianças com concorrentes. As organizações deixaram de ser sistemas relativamente fechados para tornarem-se sistemas cada vez mais abertos. As fronteiras tornaram-se permeáveis quando não, difíceis de serem definidas (WOOD JR 2000). De acordo com Kolk (2004), os fatores históricos e mundiais de fusão entre as nações, favoreceram o acirramento da competição entre produtos e o incremento de ações que pudessem conquistar cada vez mais clientes. A força da interação geográfica, também intensificou a interação organizacional e empresas passaram a conceber produzir, vender e distribuir produtos conjuntamente (BERTÉ, 2009).

Num mundo cada vez mais consumidor, atividades que buscavam a integração, a comunicação, a gestão do fluxo de recursos, eram consideradas oportunidades estratégicas, e foram largamente incrementadas (WOODY JR, 2000).

De acordo com Casagrande Jr (2004), a degradação ambiental iniciada na Revolução Industrial e agravada com a globalização em fins do século XX, trouxe um grande problema para o mundo industrial: desenvolver sem destruir tornou-se um grande paradoxo. O Fundo Mundial para a Natureza – *World Wide Fund*, ou *WWF,* em 1995, criou o termo 'pegada ecológica' ou *ecological footprint*, em inglês, que determinava a quantidade necessária de recursos naturais, incluindo matérias primas, solo, ar, água, necessários para promover o desenvolvimento de uma determinada economia. Apesar de haver uma considerável variação, chegou-se a um número mundial, de 1,9 hectares por habitante, o que significaria a capacidade biológica da terra. No final da década de 90 este valor já havia aumentado em 20%, ou seja, 2,3 hectares por pessoa. A projeção para 2050, quando então o planeta teria nove bilhões de habitantes, seria de 3,9 hectares, ou seja, um *déficit* ecológico que corresponderia ao planeta inteiro (WWF, 2002). De acordo com o Guia de Tecnologia Ambiental Brasil-Alemanha (2008), este seria o primeiro sinal da lacuna formada entre o crescimento mundial e sustentabilidade, que provocou as primeiras iniciativas em busca da redução da emissão dos diversos tipos de resíduos e efluentes.

Na década de 90, o crescimento do consumo de produtos industrializados, levou a comunidade internacional a perceber a facilidade com que podem ser atingidos os limites do planeta. Kiperstock (2000) menciona a presença de pressões de vários tipos, tanto pela sociedade, quanto pelos governos, mas a maior delas é a pressão exercida por acordos comerciais. Ainda conforme Kiperstock (2000) há a necessidade de se intervir nos processos produtivos, buscando a reciclagem como a forma menos onerosa para as empresas, não se limitando a espaços individuais, mas estendendo-se por toda a cadeia produtiva. Conforme nos mostram Rogers e Tibben-Lembke (2001), cada cadeia produtiva deverá ser responsável por extinguir suas emissões internamente e apontam à reciclagem e o reaproveitamento como forma mais adequada para tal.

De acordo com o Tunza Magazine (2005), apesar dos movimentos ambientais iniciados nos EUA na década de 70, expandindo-se para Europa na década de 80, e do acontecimento da 'Rio 92', a sociedade pouco percebia as mudanças em seu habitat, que não era sentida anos antes. Assim, organizações ambientais governamentais e não governamentais surgiram pelo mundo, exercendo influência na opinião pública, chamando a atenção da mídia, fazendo com que as empresas entendessem a necessidade de mudar para uma postura

sustentável e ecológica. Nesta época, reforçou-se a lacuna entre as duas facetas apresentadas anteriormente (TUNZA MAGAZINE, 2005).

A expressão 'desenvolvimento sustentável', surgiu dez anos após a Conferência de Estocolmo que aconteceu em 1972 (WORLD COMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 2007). O desenvolvimento sustentável objetivava a reconstrução da ordem econômica como condição para a sobrevivência humana e um suporte para chegar a um desenvolvimento duradouro, questionando as próprias bases de produção, permitindo satisfazer as necessidades da população atual sem comprometer a capacidade de atender a gerações futuras (BARBOUR, 2003).

De acordo com Alves e Targino (2006), a indústria brasileira na década de 90 passou por mudanças estruturais: aberturas comerciais e financeiras, estabilização de preços, a desregulamentação da economia e as privatizações. Ainda salientam que nesta década, houve um re-direcionamento externo da indústria nacional causado pelo incremento de capital estrangeiro. Devido ao protecionismo existente até aquele momento, a indústria brasileira precisava se atualizar em conhecimento, equipamentos e tecnologia. Houve então o aumento em 170% nas importações e uma queda considerável nas exportações, operação esta que só sobreviveu devido à venda de produtos agroindustriais.

Na história das iniciativas ambientais contemporâneas, considera-se como marco inicial, a Conferência de Estocolmo em 1972, e esta denominação se estendem até 1992, com a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. A Agenda 21, um dos documentos mais importantes gerados nesta Conferência apresentou pela primeira vez ao mundo, de maneira clara e concisa, os problemas para o planeta devido ao aquecimento global. A segunda fase dos movimentos contemporâneos ligados ao meio ambiente iniciou-se em 1992. Entre 1972 e 1992, foram criados documentos importantes que vieram a reforçar os princípios da Agenda 21: o 'Protocolo de Quioto', com o controle das emissões de carbono e a criação do 'Mecanismo de Desenvolvimento Limpo', a 'Convenção de Viena', em 1985 para a proteção da camada de ozônio, e o 'Protocolo de Montreal' em 1987. Todos procurando estabelecer metas de manutenção do meio ambiente, proteção da diversidade e garantia de perpetuação dos recursos para gerações futuras. Surgiram ainda iniciativas da sociedade civil, de blocos econômicos como a União Européia, MERCOSUL e de tratados comerciais, como Nafta (BARBIERI, 2006).

Havia, então a preocupação com a disposição adequada dos resíduos domésticos e industriais, que conjuntamente aumentavam a cada dia, limitando as áreas definidas para sua destinação.

Os eventos mundiais, realizados entre nações, com o objetivo de firmar acordos internacionais de manutenção do meio ambiente, mostravam que as mudanças não eram opcionais, mas obrigatórias (ROMM, 2004). A sociedade como um todo, viu-se entre a descontinuidade do consumo e a mudança para uma atitude menos poluidora, ainda com projetos embasados nos conceitos mais antigos de descarte. A alteração que se pedia era vista como radical, pois, o mundo ainda não estava preparado técnica e economicamente para criar produtos reaproveitáveis, máquinas e construções 'desengenheiráveis' (SANCHES, 2001). A necessidade por uma produção sustentável caminhou de forma rápida, mas não na mesma velocidade que as mudanças deveriam acontecer (ROMM, 2004). De acordo com o *World Comission on Environment and Development* (2007), com a população mundial crescendo ao patamar previsto até 2050, a classe média mundial crescerá o triplo do que é hoje. Está classe é a que mais consome produtos industrializados e de fácil reposição. Com isto, o volume de lixo gerado destes descartes, será também triplamente maior que hoje.

De acordo com Robert (2002), a solução para os problemas ambientais exige uma mudança de atitude dos empresários e administradores, pois estes devem considerar o meio ambiente em suas decisões. O mercado é uma instituição da sociedade (BARBIERI, 2006).

Toda empresa existente, pode implementar uma das três diferentes abordagens, para a questão ambiental que pretende enfrentar: o controle da poluição, a prevenção da poluição e a estratégia frente à poluição. O Quadro 2.1 mostra quais os principais conceitos de cada uma destas abordagens.

Quadro 2.1 – Abordagens de Gestão Ambiental Empresarial

Características	Abordagens		
	Controle da Poluição	**Prevenção da Poluição**	**Estratégia**
Preocupação básica	Cumprimento da legislação e respostas às pressões da comunidade	Uso eficiente dos insumos	Competitividade
Postura típica	Reativa	Reativa e proativa	Reativa e proativa
Ações típicas	Corretivas Tecnologias de remediação e de controle no final do processo (*end of pipe*) Aplicação de normas de segurança	Corretivas e preventivas Conservação e substituição de insumos Uso de tecnologias limpas	Corretivas, preventivas e antecipatórias Antecipação de problemas e captura de oportunidades utilizando soluções de médios e longos prazos Uso de tecnologias limpas
Percepção dos empresários e administradores	Custo adicional	Redução de custo e aumento da produtividade	Vantagens competitivas
Envolvimento da alta administração	Esporádico	Periódico	Permanente e sistemático
Áreas envolvidas	Ações ambientais confinadas nas áreas produtivas	As principais ações ambientais continuam confinadas nas áreas produtivas, mas há crescente envolvimento de outras áreas	Atividades ambientais disseminadas pela organização Ampliação das ações ambientais para toda a cadeia produtiva

Fonte – BARBIERI, 2006

Conforme mostra o Quadro 2.1, o controle da poluição caracteriza-se pela adoção de práticas que impeçam os efeitos decorrentes da poluição gerada por um dado processo produtivo. Estas iniciativas nem sempre eliminam problemas, agregam custos e mantém os poluentes sob novas formas de apresentação. Segundo Porto (2003) do ponto de vista econômico, o resultado é péssimo, pois os custos são muito elevados os com tratamento e destinação final de resíduos; com desperdícios de matérias-primas e insumos; com penalidades, seguros e indenizações relativas a um alto risco ambiental. Do ponto de vista

ambiental, o desempenho é baixo, não havendo resultados expressivos que possam fortalecer a imagem da organização perante uma sociedade cada vez mais consciente da importância do desenvolvimento sustentável.

A abordagem de prevenção da poluição faz com que a empresa atue sobre seus processos e produtos ou eliminar rejeitos quando eles são gerados, ou seja, acatar as ações de reciclagem. Se sobrarem alguns rejeitos, eles serão ainda tratados e dispostos por meio de tecnologias de controle da poluição do tipo *end-of-pipe* (BARBIERI, 2006). Na concepção de Manzini e Vezzoli (2005), todo produto deve ter intrínseco ao seu sistema produtivo a visão do suprimento das necessidades completas de seu mercado consumidor, ou seja, todo produto deve atender aos clientes por meio de um conjunto integrado produto, serviço e comunicação, o conjunto conhecido como sistema-produto. Fala-se aqui da comunicação que o produto tem com seu consumidor, ou seja, as informações contidas em sua funcionalidade assim como rótulos, prospectos. Além disso, Manzini e Vezzoli (2005) definem que a comunicação sobre a sustentabilidade do processo e do produto tem adquirido grande força nos dias atuais. A conscientização acerca do problema ambiental – e as atividades daí derivadas – seguiu um percurso que vai do tratamento da poluição (políticas *end-of-pipe*, já mencionadas, que tendem a neutralizar os efeitos ambientais negativos gerados pelas atividades produtivas, mas no fim da cadeia), à interferência nos processos produtivos que geram tal poluição (tecnologias limpas), e ao redesenho do produto num processo reengenheirado (produto limpo produzido por uma produção limpa) (BARBIERI, 2006). Modificar equipamentos, substituir materiais, conservar energia, estabelecer planos de manutenção preventiva, rever a política de estoques, são medidas eficientes, mas nada mais eficiente que a reutilização ou reciclagem de resíduos dentro da própria cadeia (MONTEIRO, 2001). A Figura 2.1 apresenta as prioridades consideradas na prevenção da poluição.

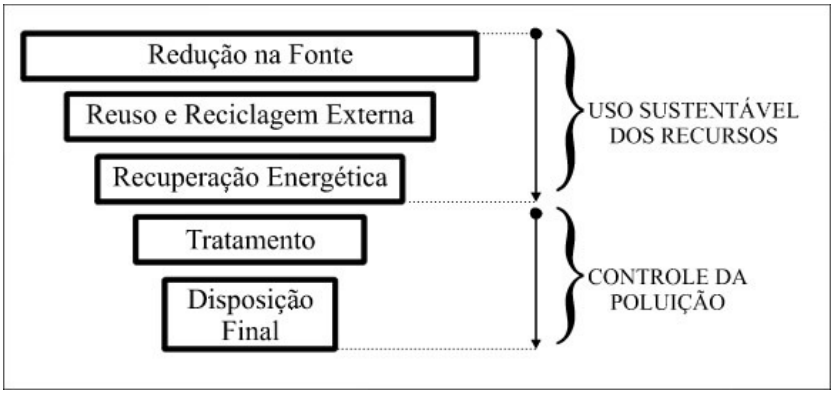


Figura 2.1 – Abordagens da Prevenção da Poluição

Fonte – BARBIERI, 2006

As abordagens da prevenção da poluição deram abertura para o aparecimento dos modelos de gestão ambiental, já na década de 90. Os modelos de gestão ambiental são maneiras diferentes de abordar os problemas ambientais, transcrevendo para a idealização, acontecimentos reais do dia a dia. Esses modelos são construções conceituais que orientam as atividades administrativas e operacionais para alcançar objetivos definidos. Eles são apropriados para se implementar sistemas de gestão ambiental nas empresas, sistemas estes que devem escolher uma predominante ou combinar as três abordagens já apresentadas.

De acordo com Room (2004), Manzini e Vezzoli (2005), Barbieri (2006) são quatro os modelos para o tratamento de resíduos que são emitidos por uma empresa. O primeiro deles chamado de 'Atuação Responsável', é um modelo que reúne entidades jurídicas e civis, voluntariamente na realização de ações que minimizem as emissões de resíduos industriais e os impactos ao meio ambiente. O segundo modelo é o da 'Administração da Qualidade Ambiental Total', que como o próprio nome diz, segue os princípios e se espelha nos parâmetros da Gestão da Qualidade Total, implementada a partir dos anos 80. O terceiro modelo é o da 'Produção mais Limpa', ou PmaisL, ou ainda *Cleaner Production*, em inglês. Este modelo vem sendo desenvolvido pelo PNUMA, Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (Onudi). Sua origem remonta a Conferência de Estocolmo de 1972, que já propunha a utilização de tecnologia limpa (*clean technology*), nos processos industriais.

O modelo de Produção mais Limpa, apresentado na Figura 2.2, estabelece uma hierarquia de prioridades de acordo com a seguinte seqüência: prevenção, redução, reuso e reciclagem, tratamento com recuperação de materiais e energia, tratamento e disposição final (PNUMA, 2009). A Figura 2.2 apresenta o esquema de trabalho do modelo, chamado então de Níveis de Intervenção.

O terceiro modelo é o da Ecoeficiência, um modelo que foi introduzido pelo atual *World Business Council for Sustainable Development*, em 1996. O WBCSD é composto por representantes dos países pertencentes à OCDE (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico). O objetivo deste modelo é implantar algumas práticas de minimização na emissão de resíduos. De acordo com o WBCSD (2009), a ecoeficiência se alcança por meio da entrega de produtos e serviços com preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas e melhorem a qualidade de vida, enquanto reduzem progressivamente os impactos ecológicos e a intensidade dos recursos ao longo do ciclo de vida, para no mínimo manter a capacidade de carga estimada do Planeta.

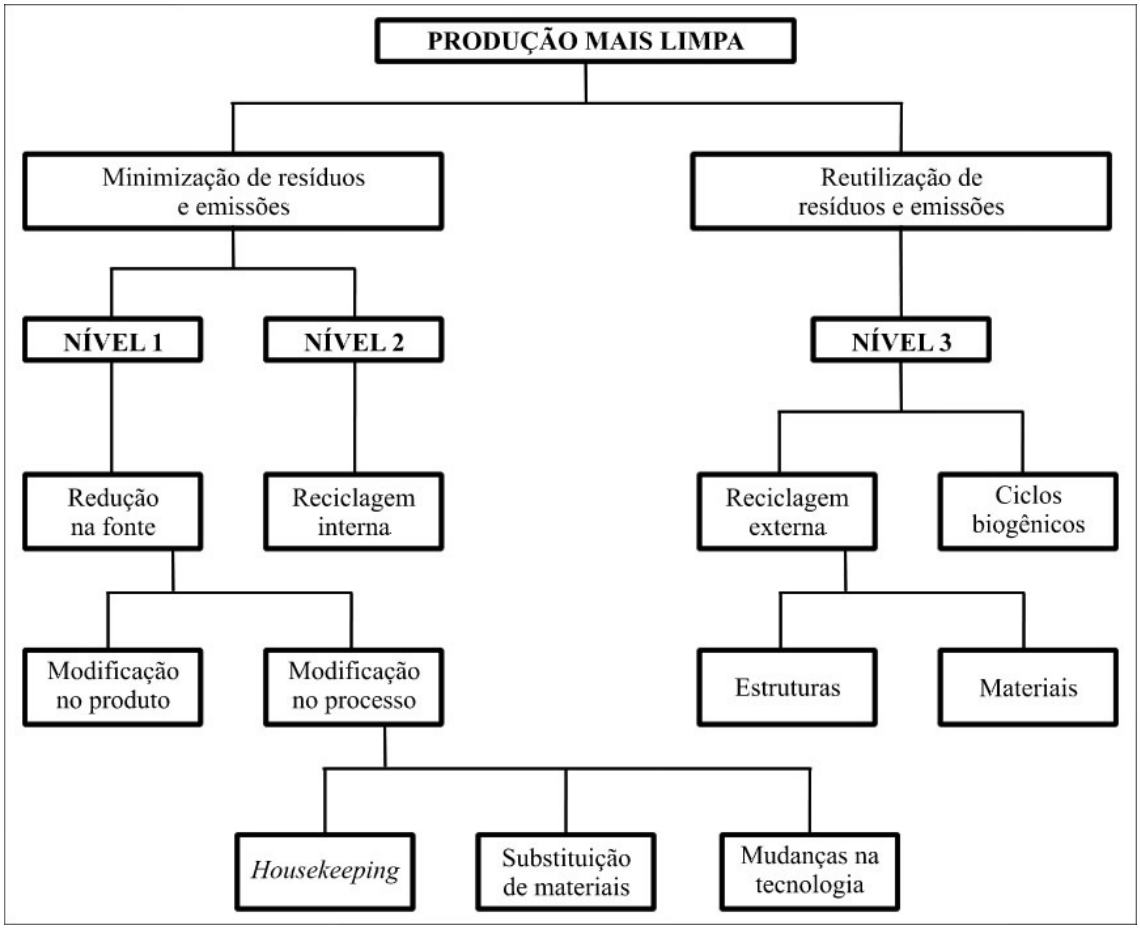


Figura 2.2 – Produção Mais Limpa – Níveis de Intervenção

Fonte – PNUMA, 1999

O quarto e último modelo é o Projeto para o Meio Ambiente ou, em inglês, *Design for Environment ou DFE*. Este modelo surgiu em 1992 como resposta ao mercado das empresas eletrônicas em incorporar questões ambientais na concepção de seus produtos (FIKSEL, 1997). O *DFE* baseia-se em inovações de produtos e processos que reduzam a poluição em todas as fases do ciclo de vida. O Quadro 2.2 mostra o desdobramento das ações do modelo *DFE*.

Quadro 2.2 - – Projeto para o Meio Ambiente – *Design for Environment – DFE*

PROJETO PARA	OBJETIVOS E PRÁTICAS
DESMONTAGEM DO PRODUTO	Assegurar que os produtos possam ser desmontados para recuperar os materiais e componentes com custo e esforço mínimos. Para isso é necessário simplificar as conexões entre peças, evitar peças incrustadas, minimizar o uso de soldas e adesivos, reduzir o número de peças diferentes, projetar peças multifuncionais, utilizar peças comuns a diferentes produtos etc.
RECICLAGEM	Assegurar um elevado conteúdo de materiais recicláveis que gerem um nível mínimo de resíduos ao final da vida útil do produto.
FACILITAR O DESCARTE	Assegurar que todos os materiais e componentes não recicláveis possam ser descartados de modo seguro e eficiente.
REUTILIZAR COMPONENTES	Assegurar que alguns componentes do produto possam ser recuperados, renovados e reutilizados.
REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA	Projetar produtos que reduzam o consumo de energia em todas as etapas do processo de produção, distribuição, utilização, reciclagem e disposição final.
REDUZIR RISCOS CRÔNICOS	Projetar processos mais limpos, evitar especificar substâncias perigosas para a saúde, substituir substâncias nocivas à camada de ozônio, utilizar solventes à base de água, assegurar a biodegradação do produto e a sua disposição final em condições seguras.

Fonte – Fiksel, 1997

Ainda há a possibilidade da combinação entre os quatro modelos apresentados, o que faria surgir mais uma gama de outros modelos, que se adequariam à necessidade do meio ambiente sem perder o objetivo industrial.

O Quadro 2.3, apresenta um resumo sobre os quatro modelos descritos anteriormente.

Quadro 2.3 - Resumo dos Modelos de Gestão Ambiental

MODELO	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS	PONTOS FORTES	PONTOS FRACOS	ALGUMAS ENTIDADES PROMOTORAS
GESTÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL TOTAL (TQUEM)	Extensão dos princípios e das práticas da gestão da qualidade total às questões ambientais.	Mobilização da organização, seus clientes e parceiros para as questões ambientais.	Depende de um esforço contínuo para manter a motivação inicial.	The Global Environmental Management Initiative (Gemi)
PRODUÇÃO MAIS LIMPA (*CLEANER PRODUCTION*)	Estratégia ambiental preventiva aplicada de acordo com uma seqüência de prioridades cuja primeira é a redução de resíduos e emissões na fonte.	Atenção concentrada sobre a eficiência operacional, a substituição de materiais perigosos e a minimização de resíduos.	Dependente de desenvolvimento tecnológico e de investimentos para a continuidade do programa no longo prazo.	PNUD, Onudi CNTL/Senai, CEBDS, Centro de Estudos de Administração e do Meio Ambiente (Ceama/FGV).
ECOEFICIÊNCIA (*ECOEFICIENCY*)	Eficiência com que os recursos ecológicos são usados para atender às necessidades humanas.	Ênfase na redução da intensidade de materiais e energia em produtos e serviços, no uso de recursos renováveis e no alongamento da vida útil dos produtos.	Dependente de desenvolvimento tecnológico, de políticas públicas apropriadas e de contingentes significativos de consumidores ambientalmente responsáveis.	Organization for Co-Operation and Development (OCDE). World Business Council for Sustainable Development (WBCSD).
PROJETO PARA O MEIO AMBIENTE (*DESIGN FOR ENVIRONMENT*)	Projetar produtos e processos considerando os impactos sobre o meio ambiente.	Inclusão das preocupações ambientais desde a concepção do produto ou processo.	Os produtos concorrem com outros similares que podem ser mais atrativos em termos de preço, condições de pagamento e outras considerações não-ambientais.	Agência Ambiental do Governo Federal Norte-americano (Usepa). American Electronic Association.

Fonte – Barbieri, 2006

Dos modelos de gestão ambiental ou da emissão de resíduos, surgiu os sistemas de gestão ambiental empresarial, utilizando para os problemas ambientais, a mesma visão do todo e da integração com o ambiente já utilizada na gestão de outras áreas. Destes sistemas destaca-se a série ISO 14000 (BARBIERI, 2006).

Os conceitos utilizados nos modelos de gestão ambiental são oriundos de procedimentos de disposição de resíduos, que foram criados, desenvolvidos e aperfeiçoados ao longo de décadas. De acordo com Demajorovic (1995), o aumento da consciência

ambiental, o apoio crescente das comunidades à gestão de resíduos, a grande concentração de resíduos em áreas urbanas, gerados pelo grande número de pessoas e indústrias, fez com que, a disposição destes resíduos deixasse de ser simplesmente um descarte, passando para as alternativas de reaproveitamento. No caso do resíduo sólido este fato é mais grave principalmente pela dificuldade de dispersão deste frente aos demais, líquidos e gasosos.

Conforme DeCroix, Song e Zipkin (2009), a disposição dos resíduos sólidos inclui coleta, tratamento e disposição adequada. Após o aparecimento dos modelos de gestão ambiental e de tratamento de resíduos, algumas outras ações foram incluídas nas já existentes. A primeira delas foi a diminuição do resíduo gerado, já na fonte, ou a não geração do mesmo, quando possível. A segunda uma forma diferenciada de coleta buscando a separação não só dos resíduos de grau mais perigoso, mas também na coleta objetivando-se a destinação final. A terceira ação alterou os antigos sistemas de gerenciamento de resíduos que objetivavam a simples disposição. Passou-se a considerar o *ecological cycle management*, ou seja, a montagem de um sistema circular, retroalimentado, que tem por objetivo aumentar a quantidade de resíduo a ser reaproveitada e diminuir cada vez mais a que é gerada (DEMAJOROVIC, 1995). Ainda segundo Ketzenberg (2009), as organizações precisam recriar formas de relacionamento com os membros de sua cadeia, para a capacitação de sua logística reversa.

O crescimento rápido do consumo de recursos naturais e a tendência para um rápido descarte de produtos fez com que a garantia da disposição dos resíduos industriais deixasse de ser uma prioridade, conforme o que se pregava nos anos 70 (DEMAJOROVIC, 1995). Por este motivo, nos países da Europa e dos EUA, lixões a céu aberto começaram a atingir sua capacidade máxima. Nestes países, ainda, a redução das áreas para disposição de resíduos em prol de áreas para o desenvolvimento, o aumento dos problemas relacionados à poluição e a insignificante contribuição que esta prática dava à melhoria no sistema de gerenciamento de resíduos, fez com que em 1975 começassem a ser estudadas e praticadas outras formas de disposição (SUBRAMONIAN, HUINSING e CHINANN, 2009) A Figura 2. 3 mostra como a disposição de resíduos industriais era realizada no início da década de 70.

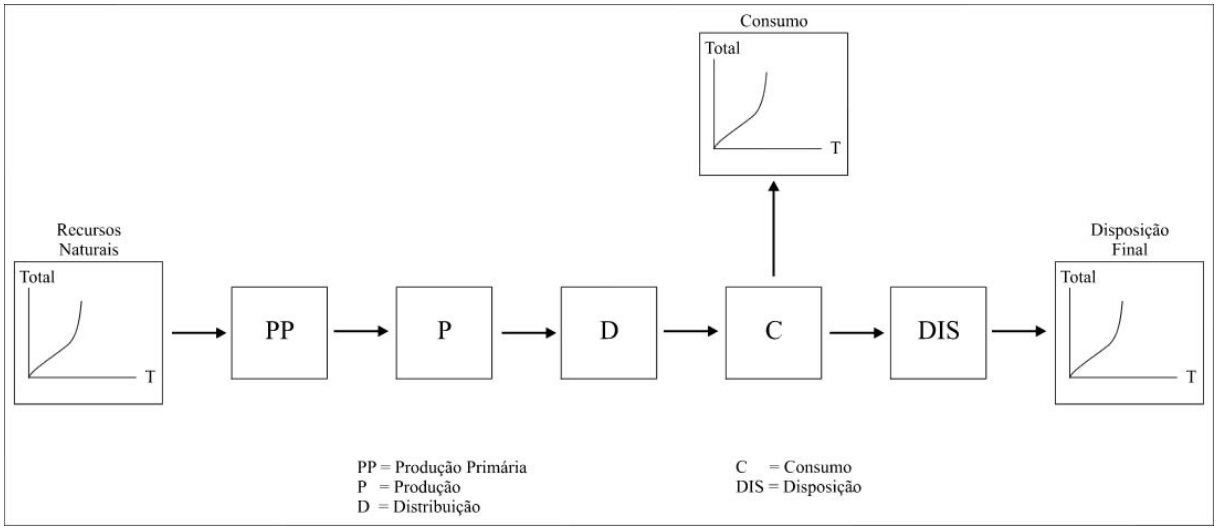


Figura 2.3 - Modelo Tradicional no Tratamento de Resíduos Sólidos
Fonte – Demajorovic, 1995; Subramonian, Huisingh e Chinnan, 2009.

Na década de 80, na segunda fase da evolução das formas de gestão de resíduos industriais, governo e empresas, forçados por uma política ambiental crescente, começaram a se preocupar em: reduzir a emissão de resíduos inerentes aos processos produtivos, reciclar aquilo que fosse possível, incinerar parte do que restasse e destinar aos aterros sanitários a mínima quantidade. Para Ketzenberg (2009), esta prática não reciclava a totalidade dos resíduos gerados, a maioria deles era reciclada externamente, a diminuição na utilização de recursos naturais nesta reciclagem era relativa e o que era pior, não vinculava o resíduo, a iniciativa à fonte geradora. Ainda conforme Cruz-Rivera e Ertbel (2009) havia uma externalização dos custos para as empresas geradoras de resíduos não as incentivava em reduzir a geração destes nem reaproveitá-los internamente. Isto já havia sido apresentado por Demajorovic (1995), mas reforça-se no comentário destes dois últimos autores. A Figura 2.4 apresenta a forma de gestão e disposição de resíduos entre a década de 80 e o início da década de 90.

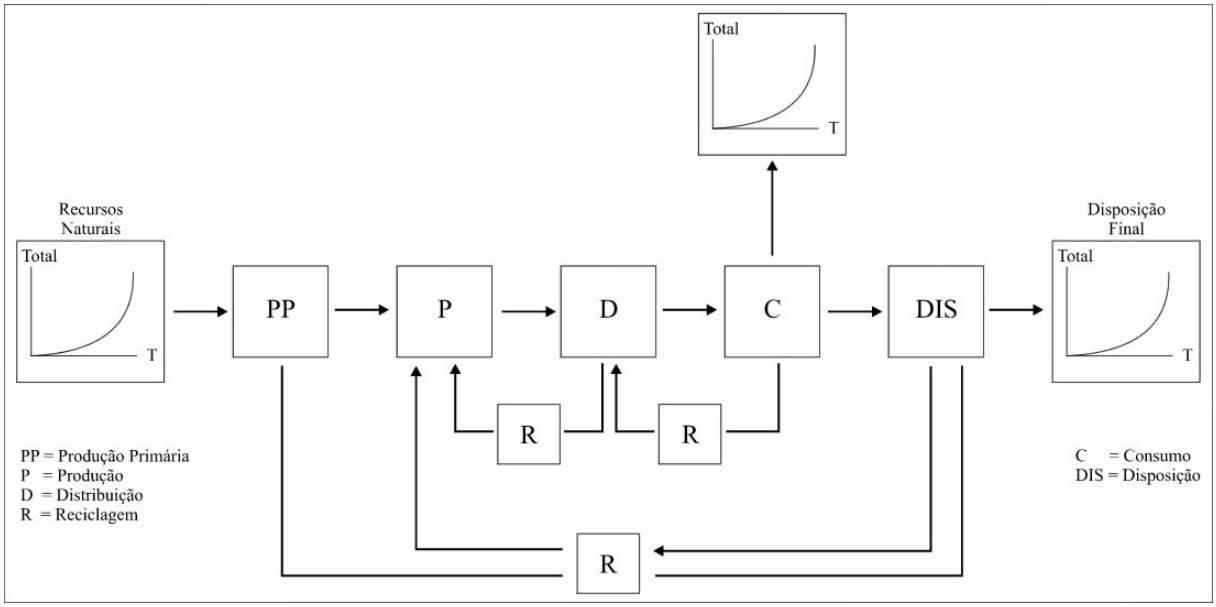


Figura 2.4 – Gestão de Resíduos Sólidos Industriais Incluindo Reciclagem
Fonte – Demajorovic, 1995; Subramonian, Huisingh e Chinnan, 2009.

É importante considerar dois pontos extremamente importantes: um volume igual a 18% do volume total do resíduo industrial era o volume gerado, na época de resíduo doméstico, que apesar de não ter a mesma disposição, não deixava de ser considerado nas iniciativas de gestão de resíduos (KETZENBERG, 2009). No Brasil, segundo Barbieri (2006), apesar de existir uma lacuna entre o início destas iniciativas nos países desenvolvidos e sua aplicação no país, a cada ano, a velocidade no repasse de novas práticas, continuou a crescer e a aumentar.

Na década de 90, os países desenvolvidos já haviam redesenhado uma forma de disposição de resíduos industriais. A reciclagem ou o reaproveitamento deveria ser realizado na própria cadeia produtiva, quando não fosse possível a não geração. Dever-se-ia priorizar o reaproveitamento, uma vez que os gastos inerentes a esta forma de disposição eram mais claros e objetivos. As medidas para o sucesso desta nova prática deveriam começar no design do produto, no estabelecimento da relação resíduo-geradores-cadeia, no estabelecimento de novas formas de relacionamento entre empresas (CRUZ-RIVERA e ERTBEL, 2009), e na utilização de procedimentos já existentes com sucesso em outras áreas (KETZENBERG, 2009). A Figura 2.5 mostra o novo modelo de resíduos sólidos industriais, proposto a partir da década de 90 e em vigor até hoje.

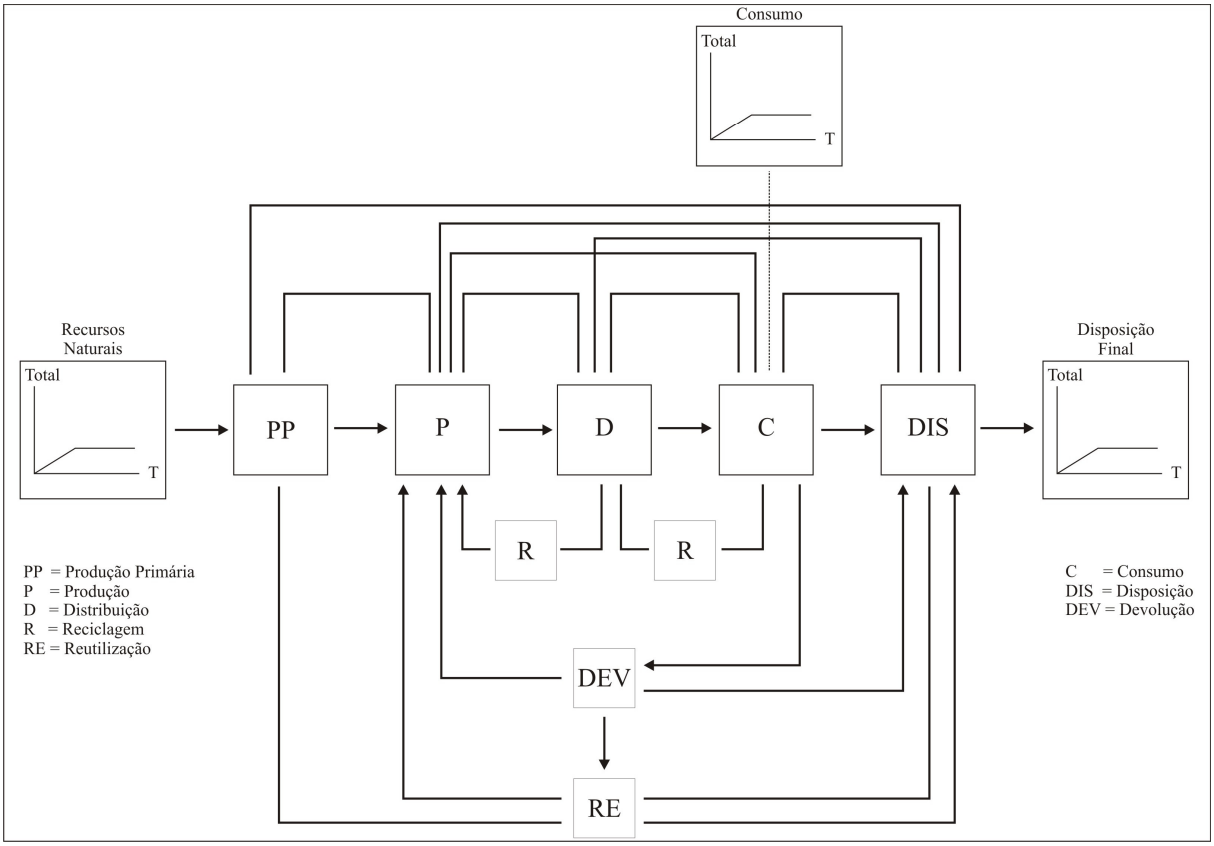


Figura 2.5 – Modelo de Gestão de Resíduos Sólidos Industriais de acordo com a Política Ambiental Mundial

Fonte – Demajorovic, 1995; Subramonian, Huisingh e Chinnan, 2009

Ainda para o sucesso deste último modelo, que marca a terceira fase da disposição de resíduos sólidos industriais são necessárias ações como: a utilização de material reaproveitável ou reciclável na produção de bens e serviços (matérias primas e embalagens), reaproveitar mais do que reciclar dentro da própria cadeia, mudar hábitos de consumo e de utilização de produtos e inertizar os resíduos, aproveitando sua energia. Só então dispô-los de outra forma (se ainda for necessário).

2.2 Logística Reversa e Empresas Ecoeficientes

Eco eficiência é uma determinada maneira de agir, pensando-se em diminuir as emissões de poluentes, aumentar a capacidade energética e perpetuar a existência dos recursos utilizados. Empresas eco eficientes são aquelas que conseguiram aliar tudo isto ao crescimento econômico e à competividade (ROOM, 2005).

No Brasil, esta expressão começou a ser utilizada no final de 1999 e coordenada pelo Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS). Por meio da Rede Brasileira de Produção mais Limpa (RBPL), também desenvolvida e implantada por este Conselho, promove o desenvolvimento sustentável e dedica-se a difundir o conceito de ecoeficiência e a metodologia de *Produção mais Limpa* (PmaisL) como instrumentos para aumentar a competitividade, a inovação e a responsabilidade ambiental no setor produtivo brasileiro (CEBDS, 2003).

Por intermédio da metodologia da PmaisL a ecoeficiência de uma empresa pode ser demonstrada quantitativamente. A PmaisL é a aplicação contínua de uma estratégia técnica, econômica e ambiental, integrada aos processos, produtos e serviços, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, mediante a não-geração, minimização ou reciclagem de resíduos e emissões gerados em um processo produtivo. Essa metodologia é baseada na realização de balanços de massa e energia para avaliar processos e produtos. Com isso, identificam-se oportunidades de melhoria que consideram aspectos técnicos, ambientais e econômicos. Com base em cada caso são definidos e implantados indicadores para o monitoramento da produção e controle da geração de desperdícios (SISINNO e MOREIRA, 2005).

Conforme Room (2004) existe um considerável número de empresas ecoeficientes no mundo. Em geral estas empresas pertencem às grandes grupos de negócios e formam grandes corporações. Ainda conforme ROM (2004), estas empresas estão inserindo as atividades de sustentabilidade no negócio, pois entenderam o valor que estas ações têm frente aos olhos dos consumidores.

Ações de sustentabilidade estão diretamente ligadas às ações de logística reversa (DYCKHOFF, LACKES e REESE, 2004). Sistemas de gestão ambiental empresarial promovem ações de sustentabilidade e logística reversa (BARBIERI, 2006).

A logística reversa é um processo sistemático de planejamento, implementação e controle do retorno de matérias primas, produtos acabados, material em processo, embalagens, de um ponto de uso, até um ponto definido para sua disposição (DICKHOFF, LACKES e REESE, 2004).

A logística reversa começou a ser largamente praticada devido principalmente ao advento e popularização do *e-commerce* na década de 90, quando consumidores que adquiriam seus produtos começaram a devolvê-los pela insatisfação com a compra

(DECROIX, SONG e ZIPKIN, 2009). Devoluções de produtos acabados, pós-venda, também começaram a crescer devido às mudanças no atendimento ao cliente e à prestação de serviços e à diminuição do ciclo de vida dos produtos. Como era incerto o motivo pelo qual os produtos eram devolvidos à origem, incerto também era, e ainda é, o gerenciamento do inventário de materiais que seguem o fluxo reverso. Não se sabia quanto se iria ter, pois não estava clara a devolução do produto: causas, quantidade, data de produção do lote devolvido, e outras informações que para a logística são importantes (HSU, ALEXANDER e ZU, 2009). Esta dificuldade ainda era maior, dependendo do segmento, do número de produtos comercializados e do que se permitisse ao consumidor trocar ou devolver (HSU, ALEXANDER e ZHU, 2009).

No caso de ações para reciclagem, a maioria dos exemplos de sucesso em logística reversa, vem sendo relatados por vários autores, desde o início da década de 90 até os primeiros anos desta década. Mas estes casos de sucesso, ainda apresentavam iniciativas externas e informais (KETZENBERG, 2007).

Muitos resultados positivos também foram encontrados em reciclagens de resíduos domésticos, pois alguns deles, pela sua constituição podiam ser reaproveitados rapidamente como, por exemplo, ferro, vidro, papel, alumínio – reciclagens consideradas tradicionais (CARVALHO, 2001). No objetivo de somente praticar o reaproveitamento, empresas destinavam seus resíduos às organizações informais, na maioria dos casos. Quando se tratassem da devolução de produtos complexos, muitas vezes os produtos permaneciam nos produtores, até que fossem desmembrados, separados e vendidos como sucata. Isto poderia levar anos. Este era o retrato da logística reversa até o ano 2000 (SUBRAMONIAN, HUINSING e CHINANN , 2009).

Avanços tecnológicos robustos, complexos e de excelência foram conseguidos devido às iniciativas e investimentos de empresas mundiais. O grande volume de produção e consumo, o grande volume de emissões de vários tipos de resíduos, fez com que este segmento procurasse soluções eficientes e inovadoras para a não geração, reaproveitamento e disposição (DICKHOFF, LACKES e REESE, 2004). Ainda conforme Dickhoff, Lackes e Reese (2009), a década passada foi marcada pelo advento do Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos, na história da ciência do gerenciamento empresarial. Naquela época, foram criados sistemas informatizados, colaborativos, para troca de informações entre fornecedores e clientes de uma mesma cadeia ou de outras.

Empresas como a Ford e Toyota, 60 anos antes, deram início ao que se chama hoje de atitude ecológica. Mas as empresas atuais somente começaram a tomar atitudes em busca da

sustentabilidade após todos os acontecimentos que tornaram públicos os efeitos da poluição industrial sobre o meio ambiente. A logística reversa já conhecida e praticada começou a ser cada vez mais estudada, desenvolvida, chegando a novos desenhos de fluxos e atores no cenário mundial (DICKHOFF, LACKES e REESE, 2004).

O modelo da logística reversa é definido por alguns autores como o modelo de retro alimentação fechado ou *closed looping model*. A partir de 2004, sua representação gráfica criada na década de 90, que apresentava somente o fluxo dos materiais, foi substituída por outra que contemplava não mais um nível de atividades, mas sim com dois níveis ou camadas, fazendo uma intersecção entre o que eles chamaram de 'atores' e '*status* dos materiais'(KROON e VRIJENS, 2004). A Figura 2.6 mostra como é constituído o novo modelo.

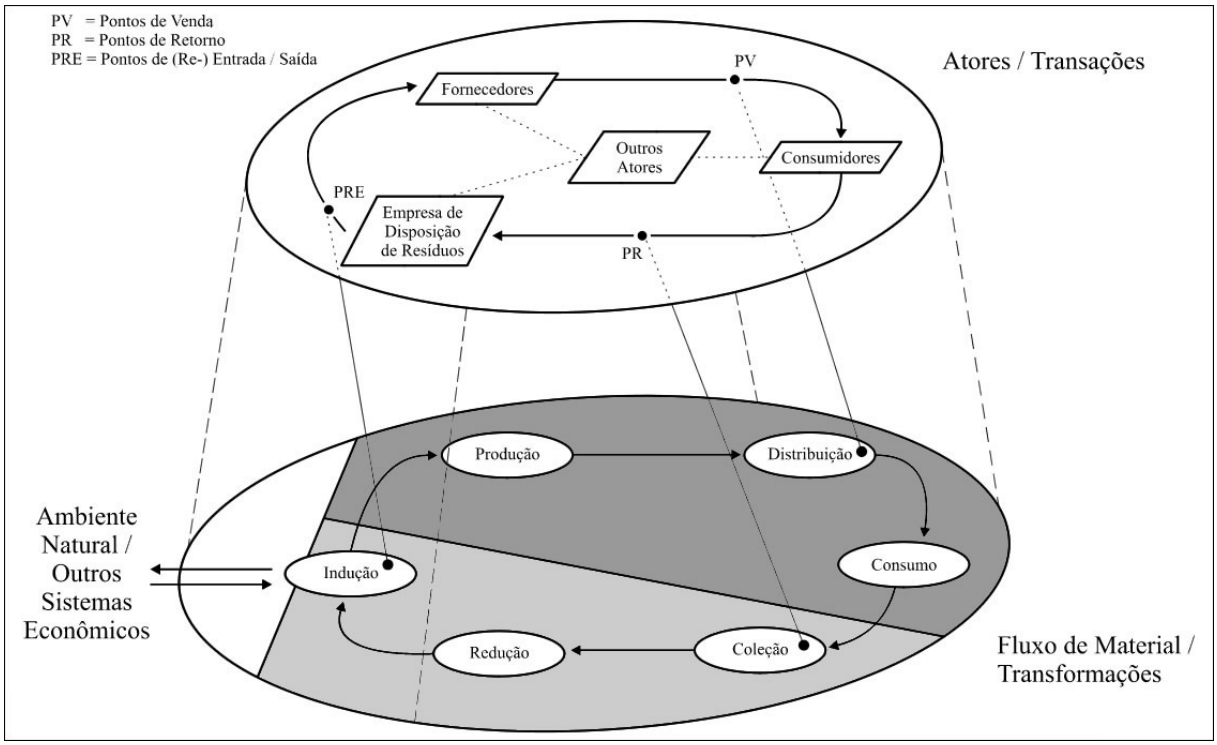


Figura 2.6 – Novo Modelo para a Logística Reversa

Fonte - Dickhoff, Lackes e Reese (2009),

A Figura 2.6 mostra as diferentes formas que os materiais se apresentam em um ciclo produtivo, e os diferentes 'usuários'destes materiais em cada forma que ele adquire, ao longo da cadeia produtiva. É possível notar que a cada fase do processo produtivo, alguma parte do material (matéria prima ou outro qualquer), pode ser descartado, retornando de alguma forma ao mesmo processo, fechando assim o ciclo. Então os materiais utilizados e seus derivados

(incluindo resíduos), não devem sair do ciclo produtivo (DICKHOFF, LACKES E REESE 2009).

Por meio do novo modelo de logística reversa foi redefinido um fluxo de materiais, que sofre a interferência em vários momentos, de pessoas ou organizações diferentes. Este novo modelo reforçava a intersecção entre estas duas 'camadas', mostrando a responsabilidade compartilhada de toda a cadeia. Segundo Jaber e El Saadany (2009), embora algumas empresas caminhassem no sentido de executar atividades produtivas no fluxo retornável de materiais, outras demoraram em tomar iniciativas que agregassem valor físico e social. Estas mesmas empresas por muito tempo ainda, continuaram a reciclarem resíduos e promover sua disposição fora da cadeia, onerando o negócio, perdendo a conexão com seus materiais. A prática de reaproveitamento ainda se dava na tentativa de minimizar resíduos provenientes de devolução de produtos já manufaturados (JABER e EL SAADANY, 2009).

Conforme Lee e Chan (2009), empresas que não disseminaram a prática da logística reversa e do reaproveitamento de resíduos, em algum ponto de sua cadeia, justificaram a falta de iniciativa pelo alto custo em uma definição técnica sobre onde reutilizar os materiais. Como os produtos de consumo, não eram produzidos com matéria prima ecológica (de fácil reutilização, reciclagem ou disposição), estudos de reaproveitamento, de gerenciamento do inventário e do próprio fluxo reverso, tornava-se muito difícil, e para alguns países, era o obstáculo para o desenvolvimento econômico (SUBRAMONIAN, HUINSING e CHINANN, 2009).

No início do ano 2000, algumas empresas na Alemanha e EUA, começaram a definir timidamente pequenos fluxos reversos, sinalizando uma tendência positiva ao descarte adequado de seus produtos acabados e outros tipos de materiais. Estas primeiras iniciativas aconteceram nos segmentos de vidro, aço, alumínio e papel, pela já mencionada facilidade no reaproveitamento e no retorno dos resíduos ao fluxo produtivo. Algumas iniciativas encontravam-se centradas na eficiência energética, ou seja, no reaproveitamento de resíduos industriais como forma de economia de energia ou geração da mesma (ROMM, 2004).

Conforme Romm (2004), a partir de 2003, empresas que comercializavam combustíveis fósseis, programaram a redução drástica de seu consumo, até a extinção, em no máximo 30 anos. Apesar de longo, este tempo podia ser considerado como otimista para alguns autores da área de preservação da qualidade ambiental. Ainda segundo Room, (2004), empresas como a Shell começaram a buscar a desmaterialização de seus produtos, ou seja, a diminuição da utilização de materiais não reaproveitáveis em sua produção. O autor destaca a iniciativa da empresa e ainda reforça que esta iniciativa vem sendo viabilizada por meio da

realização de desenvolvimentos de projetos convergentes e de apoio mútuo, na informática, nas telecomunicações, na biotecnologia, e estes projetos possuem grande poder de mudar valores sociais e estilos de vida.

Apesar das dificuldades e das incertezas, da pressão da maioria dos países, de eventos mundiais sobre o meio ambiente, empresas multinacionais estão buscando o desenvolvimento de formas econômicas e eficientes para sua sustentabilidade por meio de planejamentos estratégicos que consideram iniciativas de proteção ao meio ambiente e diminuição da poluição industrial. Estas ações resumem-se nos sistemas de gestão ambiental que estas empresas adotam, ou pelo menos em seus princípios. A única diferença é que alguns destes sistemas impõem um acompanhamento das questões ambientais e sociais do produto já na sua concepção, seguindo então até o descarte final.

O termo posicionamento estratégico ecologicamente orientado é capacidade da empresa em apresentar ao mercado, um *mix* de produtos e serviços, que apresentem uma qualidade ambiental intrinsecamente mais elevada que sua concorrência (MANZINI e VEZOLI, 2005). Este *mix* pode ser composto pelos próprios produtos, como também por um conjunto de serviços que podem servir clientes, fornecedores, empregados, prestadores de serviços, diretos e indiretos. Surgiu após o ano 2000, classificando as empresas que implantavam sistemas de gestão ambiental avançados. Isto é chamado de *business idea*.

Segundo Ketzenberg (2009), Sistemas de Gestão Ambiental atuais que envolvem iniciativas na construção de uma estratégia empresarial sustentável devem observar os seguintes fatores: a reestruturação da forma de se conceber produtos, a não geração de resíduos no processo, o reaproveitamento interno de resíduos, a reciclagem e finalmente, a disposição sustentável. O tópico ‘concepção do produto’, foi estabelecido de acordo com o conceito de hiper-eficiência, conceito que se resume em melhorar processos, criar estratégias de projetos baseadas na prevenção, a fim de reduzir desperdícios sistematicamente. Este conceito foi concebido para a gestão da produção e estendido a gestão da produção sustentável ou gestão ambiental da produção (WOMACK e JONES, apud ROMM, 2004).

A reestruturação da forma de se conceber produtos, é uma forma de *redesign* do produto, pensando-se em sua disposição final. Segundo Manzini e Vezoli (2005), não há um *design* sustentável sem disposição sustentável e vice-versa. Segundo ainda os mesmos autores, a transição para a sustentabilidade é vista como um processo de adaptação por meio da aprendizagem e da capacidade de como o sistema produtivo industrial, montado no início do século passado, é capaz de receber os *feedbacks* (MANZINI e VEZOLI, 2005). De acordo com Brito e Val der Laan (2009), estes *feedbacks* sob forma de informações (do meio, do

mercado, concorrentes, do próprio sistema produtivo), auxiliariam em uma melhor composição do produto, sem perder o alvo do atendimento ao cliente, certamente sem perder competitividade.

A não geração de resíduos no processo é uma conseqüência da concepção sustentável e se assim não fosse, de nada adiantaria um *redesign* desmaterializado. Tanto na fase de concepção do produto, como no do processo, não é possível desconsiderar o novo modelo de logística reversa, apresentado na Figura 2.6, que estende a responsabilidade pela transformação que os materiais podem ter, até que se vença sua vida útil e econômica.

Na impossibilidade de se evitar a geração de resíduos no processo produtivo, estes deverão se reaproveitados internamente, ou na mesma cadeia produtiva. Conforme Saen (2009), a movimentação e preparação destes materiais para reaproveitamento são consideradas as partes mais difíceis do sistema de gestão ambiental, pois são afetadas pela incerteza no retorno dos produtos e conseqüentemente pelo equivocado dimensionamento dos custos. Então, a ausência de dados confiável significa comprometimento financeiro (KETZENBERG, 2009). Retorna-se ao ponto de que qualquer fato que possa afetar a saúde financeira da empresa pode torná-la menos competitiva. O comprometimento da competitividade faz com que as empresas se distanciem de ações de reaproveitamento de resíduos (FROTA NETO *et ali*, 2009).

Segundo Hsu, Alexander e Zu (2009), as empresas recebem muito pouco na venda dos resíduos para disposição pelos intermediários tradicionais, muito menos do que tem certeza que deveriam receber por um determinado material. A movimentação dos resíduos industriais na direção contrária ao seu reaproveitamento ou reciclagem, causa uma perda ainda maior.

Quando não for possível o reaproveitamento ou reuso, procede-se à reciclagem. Na reciclagem altera-se forma e/ou função do material, o que não acontece no reuso ou reutilização. Por fim, a disposição sustentável, que permite que os materiais utilizados naquele produto possam retornar à origem da forma mais inócua possível.

Estas concepções do sistema de gestão ambiental foram criadas para qualquer tipo de material, produção, resíduo. As concepções foram criadas para serem aplicadas de forma global, embora se conheçam as variáveis pertinentes a cada tipo de produto.

Para se operacionalizar as ações propostas pelos sistemas de gestão ambiental que tem como base qualquer uma das iniciativas de gestão sustentável da produção - Ecoeficiência, Produção mais Limpa, e *Design for Environment*, algumas ações são indicadas:

- Atribuir um custo econômico aos recursos ambientais, não subestimar custos ambientais variáveis em relação a outras variáveis econômicas e produtivas;

- Promover a participação do usuário levando-o para o terreno da economia e do mercado – as decisões devem ser compartilhadas, assim como as responsabilidades pelos lucros e perdas financeiras – é a criação do *green consumerism;*
- Criar a extensão da responsabilidade efetiva do produtor nas fases finais de vida dos produtos – ERP – *Extended Producer Responsability*.

Mas, quase a totalidade das empresas que praticam a logística reversa, por todo o processo ou parte dele, enfrenta muitas dificuldades (KETZENBERG, 2009).

Conforme Frota Neto *et ali* (2009), as organizações que mais investiram em tecnologias, eram as que mais possuíam mais dificuldades para gerenciar o fluxo de retorno dos materiais, pois esta mesma tecnologia sempre esteve adaptada para a forma tradicional de produção – orientada para o consumo sem disposição sustentável. Desde quando a sociedade entendeu a importância de se colocar a sustentabilidade aliada a qualquer atividade ou organização há uma importante questão: como implementar soluções ambientais mantendo os objetivos comerciais.

O fluxo dos materiais na cadeia de suprimentos obedece ao sentido fornecedor, (*upstream* em inglês), para o cliente, ou *dowstream.* Como o consumo de produtos com um ciclo de vida menor, vem sendo incentivado desde o começo deste século, há um considerável aumento de produtos descartados, dos resíduos, com uma diminuição proporcional dos recursos naturais. Este fato já é suficiente para promover ações que procurem criar formas de reaproveitamento destes resíduos, procurando utilizar todas as opções técnicas e tecnológicas, criadas para facilitar o dia a dia de grandes empresas produtoras de bens de consumo. Mas, empresas que dispunham de avançados sistemas informatizados não conseguiam colocá-los a serviço das ações de retorno dos materiais e de seu reaproveitamento. Atividades de descarte e disposição na maioria dos casos eram realizadas de maneira simples, apoiada em conceitos do passado (EL SAADANY e JABER, 2009).

Genchev (2009) aponta mais alguns problemas para a não utilização das tecnologias existentes nas empresas, para a prática e o gerenciamento do fluxo reverso e disposição dos materiais, além do que já foi apresentado: a ausência de uma visão global das ações que devem ser gerenciadas, a dificuldade e demora de se ter um *feedback* em qualquer parte do processo de retorno e a ausência de uma sistematização consistente, durável e factível (SAADANY e JABER, 2009).

Kentzenberg (2009) afirma que a informação é tão importante para o planejamento e gestão do fluxo logístico tradicional quanto para o fluxo logístico reverso. Hamzagic e Francischini (2008), da mesma forma, salientam a importância da informação para a gestão do fluxo reverso e também a importância da sistematização para as mesmas ações, a exemplo das ações sistematizadas para a gestão da qualidade.

Gonçalves e Marins (2006) apontam uma grande dificuldade em se executar, mesmo atividades operacionais sem a condução adequada das informações. Segundo Hamzagic e Francischini (2009) a informação para a logística reversa só atingirá seus resultados se acontecer de forma constante, cadenciada e completa.

2.3 A Agregação de Valor por meio da Informação

A informação de valor ou *value of information* (VOI), em inglês, tem recebido muita atenção e tem sido motivo de vários estudos pela importância que possui para a gestão do inventário na logística tradicional. Esta importância vem sendo dada desde quando os sistemas de informação passaram a ser ferramenta indispensável nas atividades de vendas, compras, distribuição (KETZENBERG, 2009).

Para a logística, a informação padronizada, precisa e correta, evita uma série de atividades desnecessárias e antecipadamente avalia a *performance* da gestão do fluxo de recursos no processo. Quando a informação não é precisa, não trará os resultados esperados. Da mesma forma quando não é sistematizada, causa 'bolhas' no sistema, deixando espaços vazios onde deveriam existir dados para novas decisões (SAEN, 2009).

De acordo com Nunes, Mahler e Vale (2009), a utilização da informação na logística reversa, surgiu de forma semelhante a da logística tradicional, procurando suprir a lacuna da ausência de informação para as atividades de planejamento. A logística tradicional levou alguns anos para se fixar de maneira eficiente, e só conseguiu, após o advento da tecnologia da informação. Conforme Ketzenberg (2009), com a logística reversa não foi diferente, e este fato foi agravado, pois ela se unia à outra logística já existente. Uma empresa que já possui sua logística tradicional deverá tê-la funcionando eficientemente, mesmo agregada à outra.

Segundo Womack e Jones (1996), a utilização dos princípios do *lean manufacturing* promove a prática sistematizada de ações que levam a redução de desperdícios e conseqüentemente à produtividade e redução dos custos subjetivos da produção. Por meio da disseminação padronizada das informações necessárias para uma produção, é possível estabelecer objetivos claros e factíveis de competitividade (WOMACK e JONES, 1996).

Saen (2009) salienta que para que uma organização decida por implantar o ideal de sustentabilidade, ela precisa prover os mesmos recursos para o fluxo reverso, que demanda para o fluxo *inbound* (de entrada de recursos para produção, sentido fornecedor cliente). Gonçalves e Marins (2006), afirmam que a principal dificuldade para se implantar a cadeia reversa é conseguir compô-la com os mesmos integrantes, materiais e informações que são necessários para a cadeia tradicional. Esclarecem ainda que a informação seja um dos fatores mais importantes e menos presentes na atualidade, assim como o mais difícil de conseguir.

De acordo com Frota Neto *et. ali*. (2009) em acordo com Ketzenberg (2009), a informação agrega valor ao gerenciamento do fluxo, fazendo com que a logística exerça seu papel de incrementar a competitividade nas empresas. Segundo Pokharel e Mutha (2009), deve-se o mais rápido possível estabelecer procedimentos de troca de informações na rede reversa, para que as empresas possam investir na implantação de uma logística reversa que dê resultados rápidos e concretos. Caso isto não aconteça, poderá haver a desistência destas empresas na implantação deste novo processo.

Womack e Jones (1996), afirmam que as ferramentas presentes na prática da filosofia *lean,* são altamente eficazes para a obtenção de resultados rápidos, e destacam ainda o *kanban* como aquele que mostra de forma concreta o que a filosofia pode conseguir. A implantação do *kanban* sistematiza, padroniza, educa, coordena, minimiza erros e perdas e motiva a ação de pessoas e recursos na busca por uma empresa de excelência mundial (SHINGO, 1990).

2.4 Kanban

2.4.1 Histórico e Definição

De acordo com Shingo (1996), o sistema Kanban, ou somente Kanban, nasceu juntamente com o Sistema Toyota de Produção, após o término da Segunda Guerra Mundial, quando a Toyota recebeu um pedido do exército americano para fabricar caminhões. A Toyota, empenhada em alcançar os americanos e duplicar sua produção, criou o Sistema Toyota de Produção com diversas ferramentas de controle da produção, entre elas o Kanban, ou seja, o controle através de cartões entre os centros produtores (DENNIS, 2008). A idéia do Kanban surgiu após a visita do presidente da Toyota aos supermercados dos Estados Unidos em 1953. Inicialmente o sistema da Toyota seria chamado de Sistema Supermercado de Produção, mas a decisão de alterar o nome para Kanban foi primordial para confundir os americanos. Conforme Ohno (1997),o planejamento de movimentação de uma peça deve ser

feito pelo controle de produção. Ainda conforme Ohno (1997), o controle de estoque não é necessário se o controle de produção puder ser feito com perfeição. Com base nestes conceitos, nasceu o sistema Kanban e o sistema de puxar a produção (pull system) em oposição ao sistema de empurrar (push system), presente nas empresas Ocidentais, até aquela época.

Shingo (1996), afirmou ainda que o Kanban é o meio usado para transmitir informação sobre apanhar ou receber a ordem de produção. Moura (1989) destaca que o Kanban é um sistema de controle do piso da fábrica, transmitindo informações e geralmente é controlado por cartões, proporcionando maior flexibilidade. Já Pace (2003) diz que kanban é um registro visível, representado por cartões, que autorizam a movimentação do produto entre o centro produtor e o centro distribuidor e, também, ordenam o centro produtor a produzir uma determinada quantidade de produto. Os cartões utilizados no referido sistema são apresentados na Figura 2.7.

Figura 2.7 – Exemplos de Cartão Kanban

Fonte – Shingo, 1990

Conforme Shingo (1990), o *Kanban* possui diversas características:

- Não trabalhar com previsão de vendas. O sistema permite somente trabalhar com vendas já concretizadas, ou seja, produzir o que está vendido;

- Promove a busca pela qualidade dos processos, pois, se um processo parar, todos os processos após este ficarão parados, pois não terão peças para trabalhar. Os setores antes deste também ficarão paralisados, pois não haverá consumo de suas peças e não haverá cartão *Kanban* autorizando a produção de mais peças. Afinal, o centro produtor produz somente quando o centro consumidor solicita;
- Prover maior controle do inventário através dos cartões e de embalagens padronizadas, e baixos níveis de estoque de inventário vivo e de inventário em processo.

2.4.2 Tipos de *Kanban*

De acordo com Dennis (2008), existem três tipos de *Kanban*: o *Kanban* de produção, que autoriza quantidades a serem produzidas de um determinado produto à um centro produtor; o *Kanban* de movimentação, que funciona como uma requisição de material, autorizando quantidades que devem ser retiradas de um centro produtor para outro. Pode também ser chamado de *Kanban* de retirada, de transporte ou ainda de recebimento. Finalmente, ainda segundo Dennis (2008), existe o *Kanban* de movimentação, que autoriza a movimentação de um determinado produto para o próximo cliente ou consumidor final.

De acordo com Berkley (2009), o *Kanban* estabelece um fluxo de informação integrado entre as áreas da produção, sejam internas ou entre clientes e fornecedores. Wilkinson e Oliver (2007), afirmam que o *Kanban* tem como objetivo principal prover informação que embasam as decisões estratégicas de produção com respeito aos recursos mais onerosos como os estoques de matérias primas e produtos acabados. É o *Kanban* a melhor ferramenta operacional para a obtenção da informação de valor nas organizações (BERKLEY, 2009).

.

CAPÍTULO 3 MODELO DE INFORMAÇÃO DE RESÍDUOS

3.1 Apresentação Geral

Desde o início da elaboração da proposta deste trabalho, após observarem-se as práticas informais de reaproveitamento dos resíduos industriais utilizadas pelas empresas, percebeu-se a ausência de uma fonte de informação contínua, completa e reconhecidamente formal. É importante lembrar que na época, as observações em campo já estavam sendo realizadas para que a proposta do projeto da tese fosse desenvolvida. Naquela época, com um considerável grau de certeza, somente as empresas produtoras de alumínio, vidro, papel e aço, possuíam procedimentos de reaproveitamento. No ano de 2004, quando a pesquisa empírica teve início, apesar da conhecida existência da pressão mundial com relação a modos produtivos sustentáveis, no Brasil, poucos indicadores de casos de sucesso existiam. Se as iniciativas ainda eram poucas, a preocupação em tornar estas iniciativas um procedimento formal e constante nas empresas, caminhava no mesmo sentido.

Inicialmente foram procurados geograficamente locais onde empresas destes segmentos tradicionais pudessem estar localizadas, preferencialmente locais que também reunissem seus próprios clientes e fornecedores, pois a proximidade física destas empresas poderia facilitar a visualização e integralização dos dados. Acreditava-se que estas empresas, como pioneiras das iniciativas de reaproveitamento, deveriam possuir os procedimentos mais elaborados de descarte e disposição sustentável dos seus resíduos produtivos. O Vale do Paraíba, no interior do estado de São Paulo, foi escolhido. Várias empresas foram, então, consultadas.

No ano de 2007, quando o estudo de campo deste trabalho pôde começar a ser elaborado, com as empresas já definidas para a pesquisa, os processos produtivos puderam começar a ser analisados. Observou-se o resultado de cada um dos processos, ou seja, seu *output*, e ainda, o destino atribuído a este *output.* A idéia principal era visualizar como as empresas executavam sua logística reversa e como a relacionavam com a disposição de resíduos.

Consultando estas empresas e seus parceiros da cadeia produtiva, verificou-se que havia efetivamente, naquela época, ainda muito pouca iniciativa de reaproveitamento dos resíduos industriais, resíduos de vários tipos, origens e procedências operacionais – processo

propriamente dito ou o descontrole dele. Algumas empresas embora buscando redução dos custos com a destinação destes resíduos a aterros sanitários, ainda relegavam esta tarefa o segundo plano. Na realidade, estas empresas, a maioria do segmento automotivo (montadoras e autopeças), ainda não vislumbravam ganhos que poderiam ter com esta prática. A logística reversa ainda estava sendo vista somente como a devolução de vasilhames, embalagens ou produtos acabados, defeituosos.

Para esta fase da pesquisa de campo levaram-se em conta os conceitos de Produção mais Limpa (PmaisL), e se classificou o processo produtivo de cada uma destas empresas, destes segmentos ditos tradicionais, dentro dos níveis 1,2 ou 3. Também, procurou-se conhecer as iniciativas de cada uma delas no reaproveitamento de seus resíduos industriais e o que mais dificultava o *start* ou a prática constante destas iniciativas.

Observou-se que naquela época, a informação técnica e a incerteza nos custos que poderiam ser gerados no reaproveitamento dos resíduos, algumas vezes causavam algum tipo interferência nas decisões que pudessem ser tomadas. Como eram empresas de segmentos que no mundo e no Brasil tradicionalmente já começavam a prática de reaproveitamento, pois sua matéria prima proporcionava isto, partiu-se do princípio que os resíduos provenientes dos processos de transformação das empresas eram tecnicamente compatíveis, e seria possível viabilizar seu reaproveitamento dentro da própria cadeia, mesmo que para isto o resíduo precisasse ser previamente preparado.

O objetivo principal deste trabalho não foi criar alternativas de reaproveitamento, principalmente por que, cada empresa é única no conhecimento das condições técnicas e dificuldades de seus processos.

3.2 Problema de Pesquisa e a Hipótese do Trabalho

Os dados apresentados no Tópico 3.1, levaram o pesquisador a perceber o problema de pesquisa que seria: **A falta de um fluxo de informação sistematizado entre empresas, conhecidas as viabilidades técnica, econômica, comercial e a agregação de valor, dificulta o reaproveitamento dos resíduos industriais?**

Conseqüentemente, mediante o estabelecimento deste problema social de falta de informação, e do entendimento que ela dificultava o reaproveitamento dos resíduos, foi construída a hipótese do trabalho: **A existência de um fluxo de informação sistematizado entre empresas, proporcionando a visibilidade do estoque e freqüência da geração dos**

resíduos, favorece a disposição adequada, ou seja, o reaproveitamento e reciclagem destes resíduos, por qualquer outro integrante desta e de outra cadeia reversa.

É importante detalhar a interpretação atribuída a cada palavra ou expressão que compôs a hipótese. Este detalhamento está apresentado no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Interpretação das Partes da Hipótese

Expressão Hipótese	Significado
Fluxo de Informação Sistematizado	passagem de informações por computador ou não, desde que constante, cadenciada, padronizada.
entre empresas	a empresa pesquisada e seus clientes ou fornecedores externos diretos ou indiretos. Também fornecedores ou clientes internos se houver.
visibilidade do estoque do resíduo	quantidade de resíduo gerada, acondicionamento na área de produção e estocagem, informações sobre contaminação ou mistura do mesmo e outras informações importantes para reaproveitamento.
Frequência de geração do resíduo	intervalo de tempo em que o resíduo é gerado, acondicionamento na área da expedição, disponibilidade, liberação para retirada e carregamento.
Favorece a disposição adequada	auxilia, ajuda, ao resíduo não ser gerado, se gerado, reaproveitado dentro da empresa, e não sendo possível esta alternativa, reaproveitado em outra empresa.
reaproveitamento e reciclagem	utilizar o resíduo alternando sua forma e função.
qualquer outro integrante	qualquer outra empresa, fornecedora ou cliente.
desta e de outra cadeia reversa	da cadeia produtora ou de suprimento da empresa onde o ECO-Kanban está sendo testado ou de outra cadeia, mas que possa reaproveitar o resíduo.

A concepção da hipótese se originou da prática da sistematização, oriunda do Gerenciamento da Qualidade Total, proposto na década de 80, e assumido por todas as empresas mundiais. A idéia estava em tornar conhecida a informação sobre o *status* do resíduo, da mesma forma que os sistemas de qualidade trabalhavam, favorecendo a visualização do que precisava ser feito e das ações subseqüentes. Mas, ainda buscava-se uma maneira de sistematizar. Novamente voltou-se aos conceitos mundiais de operações: o *kanban*, historicamente um ferramenta de alto desempenho na troca automática de informações.

3.3 Modelo Proposto

O modelo foi criado, levando-se em conta as dificuldades apresentadas, para que sua aceitabilidade não fosse comprometida logo de início. Utilizaram-se para sua construção,

recursos já disponíveis no meio industrial, como sistemas de comunicação, conceitos de planejamento e controle de produção e conceitos das próprias práticas de produção, que poderiam auxiliar no entendimento enquanto proposta, e prática no momento em que a organização pudesse escolher por sua implantação.

3.3.1 Quesitos Básicos

Para que o modelo pudesse funcionar, cumprindo seu objetivo de informar sistematicamente a formação do estoque do resíduo e assim fazer com que o fornecedor que fosse reaproveitá-lo iniciasse a produção de nova quantidade de matéria prima a ser consumida pelo cliente, foram definidos como necessários alguns quesitos básicos. Primeiramente um "caminho fluído" onde se pudesse criar um fluxo de informação por meio de um sistema de comunicação, informatizado ou não, ou um sistema de demanda colaborativa, onde as empresas da cadeia pudessem visualizar não só o estoque do resíduo, mas a demanda no cliente final. Além disto, a definição de uma quantidade padrão de utilização do resíduo na fabricação da matéria prima, a exemplo de uma estrutura de uso ou *Bill of Material*. Estes quesitos básicos foram assim escolhidos, pois era provável que a maioria das empresas já possuísse algum tipo de sistema para o planejamento, programação e controle da sua produção.

3.3.2 Formas Gráficas

A forma gráfica escolhida para representar o modelo proposto, assemelha-se ao desenho de uma cadeia de suprimentos tradicional, mas que funciona de forma inversa, ou seja, dos clientes para os fornecedores, como uma cadeia "retroalimentada". É o modelo base da logística reversa, aliado ao tratamento adequado da informação. Neste caso, informações e materiais, caminhariam no sentido inverso à cadeia tradicional, e a programação da produção do fornecedor, receberia informações advindas do elo seguinte desta cadeia, ou seja, do cliente.

Procurou-se mostrar na forma gráfica do modelo, o caminho seguido pelos materiais enquanto matéria prima e como resíduo. Em seguida, mostrar a informação sobre estes

materiais e o caminho que esta informação deve realizar para que o objetivo do modelo seja cumprido.

Para responder à questão principal da pesquisa, será apresentado o modelo deste trabalho. As informações prestadas no parágrafo anterior estão ilustradas na Figura 3.1, a seguir.

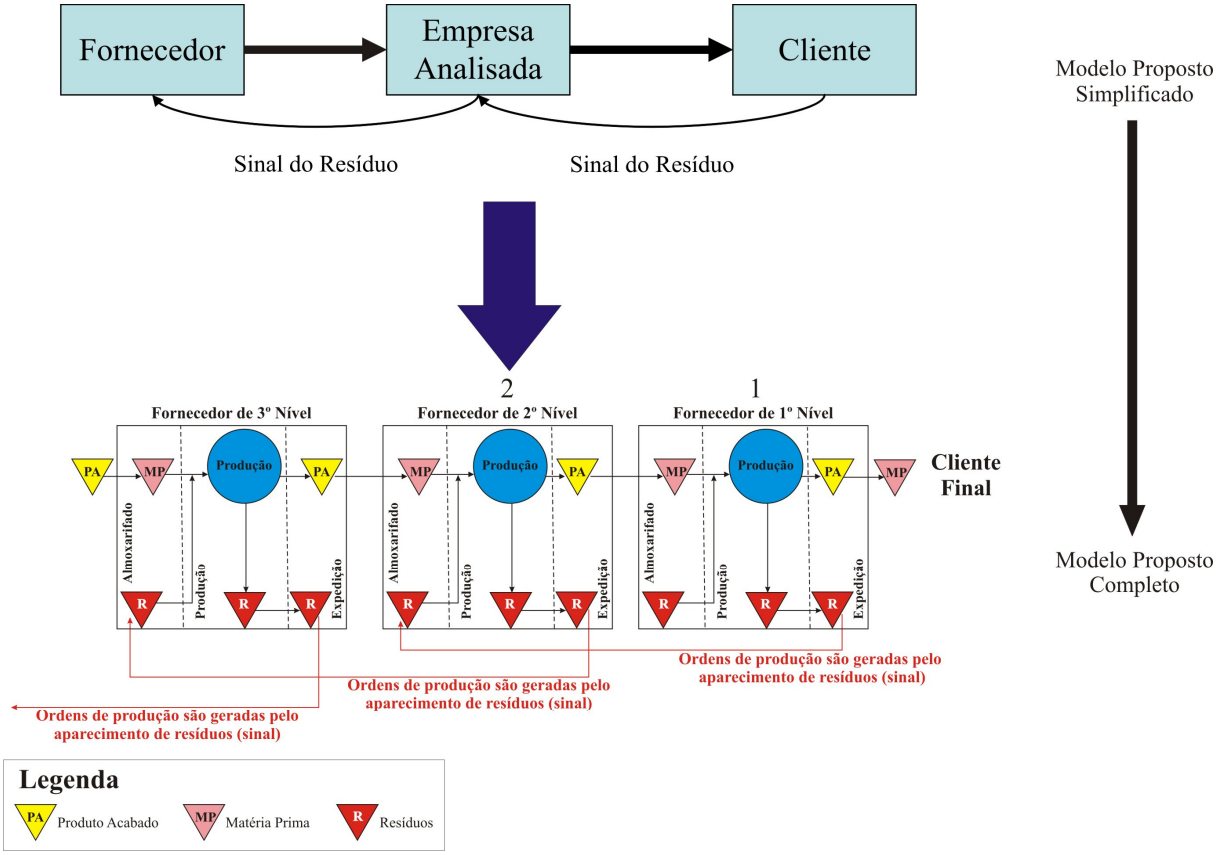


Figura 3.1 – Evolução do Modelo Simplificado para o Modelo Inicial

3.3.3 Modelo Inicial – Operacionalização da Hipótese do Trabalho

Observando-se a Figura 3.1, a descrição do fluxo de informações e materiais, deverá acontecer da seguinte maneira:

- Para que o fluxo do modelo seja realizado, deverão existir sempre empresas fornecedoras e clientes uma das outras, na forma de uma cadeia produtiva;
- O reaproveitamento do resíduo produtivo gerado, preferencialmente deverá ser realizado por um fornecedor. Quando isto não for possível, o resíduo poderá ser reaproveitado por outro membro da cadeia produtiva. Isto deverá ser indicado;

- As empresas devem estar dispostas como fornecedoras umas das outras e fornecedoras de primeiro, segundo e terceiro nível da empresa principal da cadeia (Cliente Final);
- Por uma questão de apresentação, no desenho do modelo, cada empresa possui delimitadas as áreas de recebimento, produção e expedição;
- Assim que a produção do produto acabado em "1" é realizada e o resíduo é gerado, o estoque é imediatamente informado ao fornecedor "2", que o reutilizará na produção de uma nova quantidade matéria prima para "1";
- Para que o reaproveitamento aconteça, as empresas devem possuir uma troca de informações formal e constante entre elas, informação esta que facilite a visualização do estoque do resíduo gerado. Também esta troca de informações deve favorecer a visualização da necessidade de produto acabado para empresa "1", (e conseqüentemente para cliente final) confirmando a necessidade da produção de uma nova quantidade de matéria prima pela empresa "2";
- Assim que o estoque do resíduo em "1" é colocado no sistema, a empresa "2" sabe quanto de matéria prima será fabricado por ela, de acordo com o volume do resíduo gerado;
- Como a proporção da utilização do resíduo é definida entre as empresas, sempre um volume de resíduo, proporcionalmente significará uma nova quantidade de matéria prima;
- Quando não houver necessidade de matéria prima no "Cliente Final", a simples geração do resíduo não será interpretada como ordem de produção de uma nova quantidade de matéria prima, uma vez que o produto acabado não mais será utilizado.

Parte-se do princípio que o resíduo pode ter algum tipo de reaproveitamento ou na produção da própria empresa, ou como matéria prima em algum elo da cadeia. Nesta proposta, os resíduos deveriam ser reaproveitados como matéria prima do elo anterior da cadeia, ou seja, o fluxo de informação do estoque de resíduo segue no sentido cliente-fornecedor. As informações são processadas entre empresas e a presença do estoque de resíduo no cliente, serve como um aviso de produção, uma ordem de produção para que o fornecedor imediatamente anterior recomece seu processo. A presença do resíduo funciona como uma "chamada", um "*kanban"*. Os resíduos serão sempre reaproveitados e na presença

de outras oportunidades de reaproveitamento a cadeia trabalhará em um ritmo sincrônico, que obedecerá às ordens de produção dos fornecedores, disparadas pelos clientes. Quando a presença de certa quantidade de resíduo industrial for notificada, este será o ponto de "gatilho" para a emissão de ordens de produção no fornecedor, isto garantirá que este estoque seja reutilizado e que não seja utilizado de forma indevida. Quando a empresa assim o fizer, ela automaticamente passará do 'Nível 1' para o 'Nível 2' do conceito de PmaisL, mencionado na Revisão de Literatura e no início deste capítulo.

Ancorados nos resultados obtidos pelo estudo observacional – ausência de um sistema de informação de um processo produtivo – e na revisão teórico-metodológica, foi possível conceber um modelo e descrever cada uma das etapas de funcionamento. A expectativa é de que o modelo de informação responda ao problema de pesquisa durante a experimentação nas empresas.

O próximo capítulo expõe o cenário da pesquisa, os procedimentos metodológicos e técnicos que fundamentam o estudo observacional, a experimentação e aplicação do modelo aqui apresentado.

CAPÍTULO 4 ABORDAGEM METODOLÓGICA

Conforme apresentado anteriormente, foi à ausência de um fluxo de informação constante e padronizado no final do processo produtivo, que motivou a proposta de um modelo de informação denominado ECO-*Kanban*, o que exigiu um desenho metodológico que incluísse:

a) A comprovação da proposta como factível;
b) A busca pela observação no campo de estudo, dos fatores pertinentes ao processo produtivo;
c) A organização do modelo a ser proposto;
d) A experimentação empírica do modelo organizacional;
e) A avaliação dos resultados obtidos durante a experimentação empírica e as conclusões necessárias.

Este desenho foi o grande desafio enfrentado.

A Figura 4.1 detalha os procedimentos metodológicos adotados, incluindo a classificação do estudo, a abordagem, as técnicas para o trabalho de campo e os métodos de análise. Apresenta-se então, o esquema dos métodos de análise utilizados.

Procedimentos Técnicos	**Técnicas de Pesquisa**	**Abordagem Triangular**	
Estudo de Caso **Observação** **Experimento**	**Observação sistemática** **Experimentação do Modelo Idealizado**	**Quantitativa** **Qualitativa**	**Modelo ECO-*Kanban***

Figura 4.1 – Esquema dos Métodos de Análise Utilizados

A primeira ação neste trabalho foi a elaboração da revisão de literatura, com o objetivo de se formar um arcabouço teórico. A segunda ação foi elaborar uma pesquisa de campo, com o objetivo de construir o modelo inicial do ECO-*Kanban* – a sistematização do fluxo de informação – para posteriormente testá-lo encontrando seu desenho final.

A pesquisa empírica deste trabalho foi realizada em quatro empresas de segmentos distintos, mas que tradicionalmente possuem matérias primas recicláveis. As empresas

deveriam fornecer informações sobre pelo menos um de seus fornecedores, e conseguir autorização para que o estudo de campo pudesse ser realizado de forma completa. Sendo assim, o procedimento técnico escolhido foi o estudo de casos múltiplos que tem a vantagem de levar o pesquisador a descrever não só apenas o processo produtivo de cada empresa, mas, sobretudo detalhar cada momento da pesquisa empírica (YIN, 1999; BERTO E NAKANO, 1999). Os dados coletados durante a observação foram interpretados com o intuito de se apreender e compreender o sentido subjetivo de cada momento do processo produtivo e deste desse processo de análise, identificou-se os fatores e eventos que auxiliassem a construção do modelo inicial. Durante a fase experimental do modelo inicial se avaliou cada etapa do fluxo proposto e se faz os ajustes necessários.

Diante das decisões metodológicas este estudo se classifica como descritivo, uma vez que o modelo inicial e o modelo final foram detalhados em cada um dos momentos do fluxo formalizado e suas características explicadas. Além disto, a própria proposta de um modelo de informação já definiria O este estudo como descritivo.

O Quadro 4.1 mostra as fontes utilizadas para coleta de dados.

Quadro 4.1 – Fontes Utilizadas para Coleta dos Dados

Mecanismos	Objetivos	Fonte	Referências
Revisão de Literatura	Formar base teórica	Diversas fontes bibliográficas	Livros, anais de eventos sites e correlatos.
Estudo Documental	Buscar registros sobre troca de informações interna e externamente sobre reaproveitamento de resíduos.	Documentos internos das empresas: relatórios, procedimentos, instruções de trabalho e outros.	Banco de Dados dos setores de produção, meio ambiente e principalmente logística.
Estudo Experimental	Mensurar corretamente os resultados de reaproveitamento de resíduos antes e depois do modelo ECO-Kanban	Levantamentos sobre quantidades reaproveitadas de resíduo antes, durante e depois do teste do modelo.	Informações colhidas visualmente e documentalmente pelo pesquisador, na área indicada para a pesquisa, antes, durante e depois do teste do modelo.
Estudo Observacional	Interpretar o quanto da aplicação do modelo ECO-Kanban, considerando-se o reaproveitamento dos resíduos industriais, foi bom ou ruim para a Empresa.	Levantamento sobre condições de reaproveitamento dos resíduos industriais antes, durante e depois da aplicação do modelo.	Informações colhidas visualmente pelo pesquisador na área indicada para a pesquisa, antes, durante e depois do teste do modelo.

Diante das decisões metodológicas e técnicas tomadas acima, este estudo se classifica como pesquisa descritiva, uma vez que o modelo inicial e o modelo final terão detalhados cada um dos momentos do fluxo formalizado e suas características explicadas. Além disto, a própria proposta de um modelo de informação já definiria este estudo como descritivo.

Conforme descrito no capítulo anterior**,** o problema de pesquisa foi formulado inicialmente ao se observar a falta de uma comunicação entre empresas e a relação desta falta de comunicação com as dificuldades no reaproveitamento dos resíduos industriais. A falta de continuidade no processo e a maneira informal como era realizada fizeram com que fosse idealizado um modelo que sistematizasse seu fluxo, para o reaproveitamento. Sendo assim, para o teste do modelo foram percorridas etapas que conduziram o pesquisador durante o estudo de campo. A Figura 4.2 descreve as etapas da pesquisa

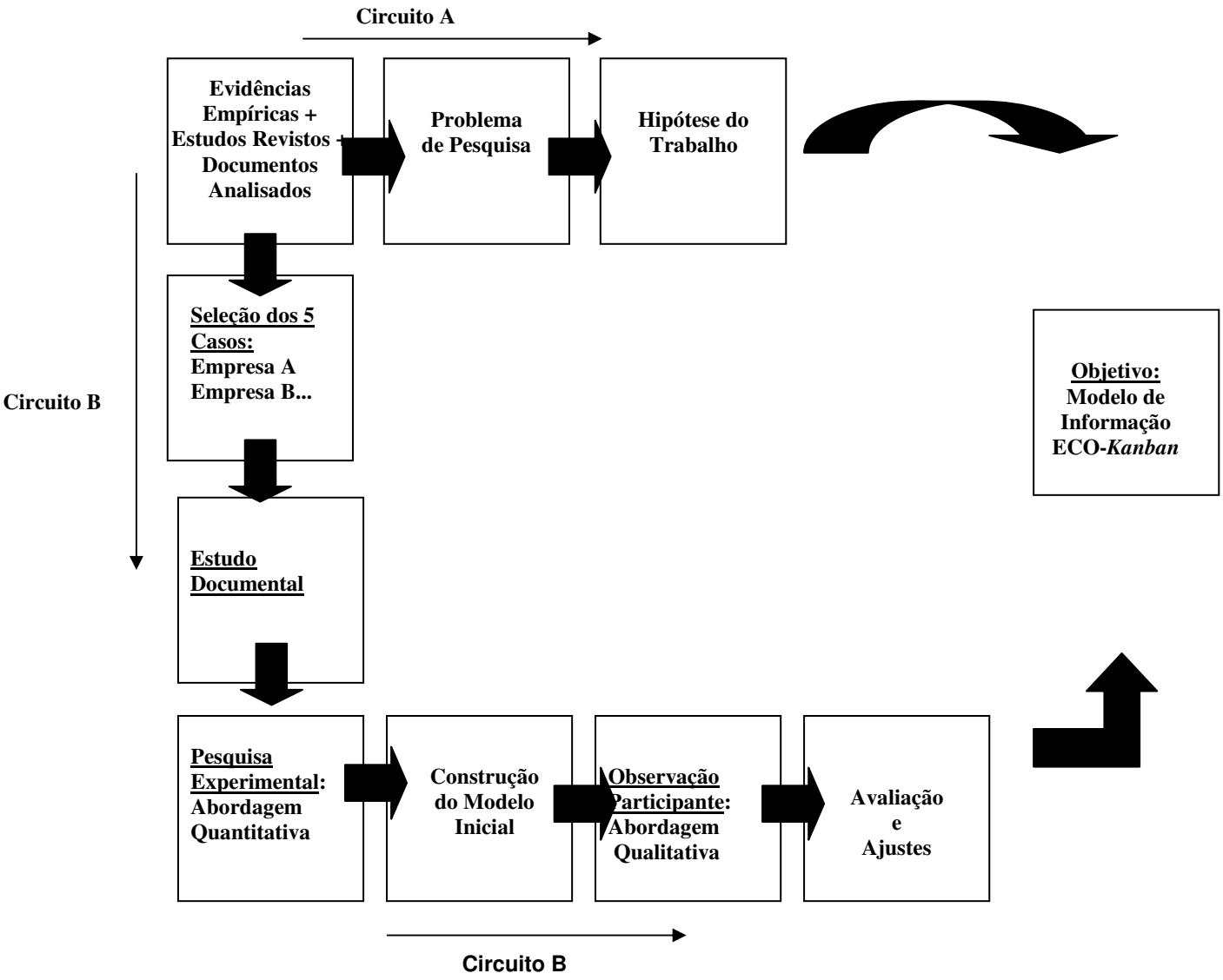


Figura 4.2 – Etapas da Pesquisa

As etapas do estudo de campo, conforme é apresentado na Figura 4.2, são as seguintes:

1ª. Etapa - Observações Iniciais (**Circuito A)**: Construção do problema de pesquisa e a hipótese do trabalho. Nesta fase tinha-se um esboço do que poderia ser o modelo ECO-*Kanban*, mas ainda eram necessárias mais informações para defini-lo.

2ª. Etapa - Pesquisa de Campo (Circuito B): O número final de empresas que seriam pesquisadas só foi realmente definido, depois de conseguida a autorização em cada uma delas. Para a realização desta etapa, o pesquisador enumerou algumas questões que deveriam ser observadas nas empresas. Estas questões enumeradas formaram o Protocolo de Pesquisa. Apresenta-se no Quadro 4.3 o detalhamento do Roteiro de Pesquisa.

Esta etapa ainda foi dividida em três momentos:

- Estudo Documental: onde foram observados os documentos de cada uma das empresas: procedimentos, instruções de trabalho, relatórios, sempre em busca de informações sobre a formalidade ou informalidade no reaproveitamento de resíduos industriais;
- Estudo Experimental: esta fase de abordagem quantitativa buscou apresentar os resultados sob forma de medidas numéricas e mostrar o quanto de resíduo poderia ser reaproveitado com a utilização do modelo de fluxo de informação sistematizado;
- Estudo Observacional: esta fase de abordagem qualitativa procurou apresentar os resultados de acordo com a interpretação pelas empresas do quanto o modelo do ECO-*Kanban* foi bom ou ruim, no reaproveitamento dos resíduos em cada uma delas.

3ª Etapa: Resultado do Teste do Modelo Final – nesta etapa, o modelo inicialmente concebido, depois de testado, foi ajustado e concluído definitivamente.

Cada fase da 2ª. Etapa da pesquisa de campo foi realizada num determinado período, acordado entre o pesquisador e cada empresa.

Para o procedimento experimental sem grupo de controle, além das informações documentais, e observadas, se fez necessário a identificação das variáveis:

- Variável Independente: visibilidade da presença dos resíduos por meio da troca formal de informação;

- Variável Dependente – reaproveitamento ou reciclagem de resíduos industriais.

4.1 Coleta e Análise dos Dados

A pesquisa empírica deste trabalho teve como tema central, de acordo com a hipótese, o "fluxo de informação sistematizado como forma de favorecer o reaproveitamento do resíduo industrial". A estratégia de coleta de dados adotada foi a pesquisa documental, a experimental e a observação participante, que focou a definição daquilo que seria pesquisado exatamente no tema central da pesquisa. Questões foram definidas para que pudessem ser respondidas positiva ou negativamente, de forma numérica ou qualitativa, sempre sobre este tema central. As respostas destas questões respeitaram a triangulação da pesquisa, anteriormente mencionada.

Para a pesquisa de campo deste trabalho, foi enumerada uma série de quesitos que deveriam ser mensurados, de forma objetiva e subjetiva, para que o teste do modelo fosse realizado, assim como o objetivo do trabalho.

Para a pesquisa documental, foi utilizada a Análise de Conteúdo. Para pesquisa experimental, a análise estatística simples (percentagens).

De acordo com Minayo (2001), a expressão mais utilizada para representar o tratamento dos dados de uma pesquisa qualitativa é a análise de conteúdo. De acordo com Bardin (1979) a definição para análise de conteúdo é:

> ... um conjunto de técnicas de análise de comunicação visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição dos conteúdos das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos à condição de produção/recepção destas mensagens (BARDIN, 1979)."

Neste trabalho, os dados da pesquisa documental foram analisados por uma das técnicas da Análise de Conteúdo, a Análise Temática. Na Análise Temática dos documentos fornecidos pelas empresas, ainda conforme Minayo (2000), o material passou pelas seguintes fases:

A) Pré-Análise: de acordo com a hipótese desta pesquisa os documentos foram selecionados através de uma rápida leitura. Posteriormente ainda nesta fase foi analisado, verificada a presença de algumas palavras ou registros numéricos chave;

B) Exploração do Material: nesta fase os documentos foram explorados com o objetivo de transformar os dados brutos em dados objetivos buscando a compreensão dos mesmos;

C) Tratamento dos Resultados: os resultados brutos foram submetidos a operações de transformação em dados quantitativos ou qualitativos.

Para que a pesquisa de campo fosse realizada, foi elaborado um Roteiro, onde foram enumerados tópicos que o pesquisador deveria considerar como norteadores no alcance do objetivo do trabalho. O roteiro teve como base, a observação das expressões da Hipótese e dos dados obtidos na Revisão de Literatura, pois os autores mencionaram estes tópicos como fundamentais na visualização da lacuna do conhecimento a ser preenchida por este trabalho.

A Hipótese deste trabalho, como já foi apresentada no capítulo 1, é a seguinte: **'**O fluxo de informação sistematizado entre empresas, proporcionando a visibilidade do estoque e freqüência da geração dos resíduos, favorece a disposição adequada, ou seja, o reaproveitamento e reciclagem destes resíduos, por qualquer outro integrante desta e de outra cadeia reversa. '

Para que as questões colocadas no Roteiro de Pesquisa estivessem ligadas à Hipótese e ao objetivo do trabalho, foi composto um Quadro, procurando correlacioná-los.

O quadro 4.2 mostra a correlação entre as expressões da Hipótese e as questões geradas, que foram utilizadas no roteiro de pesquisa. Este quadro mostra na parte superior, a hipótese desmembrada em expressões, como a primeira forma de correlacioná-la com os dados fornecidos na revisão de literatura. O mesmo quadro apresenta então as questões, abaixo à esquerda, que foram observadas na pesquisa de campo e correlaciona cada uma delas com a decomposição da hipótese.

Quadro 4.2 – Correlação entre Hipótese e Questões do Roteiro de Pesquisa

Questões do Roteiro de Pesquisa	Fluxo de Informação Sistematizado	Entre Empresas	Visibilidade do Estoque do Resíduo	Freqüência da Geração do Resíduo	Favorece a Disposição Adequada	Reaproveitamento e Reciclagem	Qualquer outro Integrante	Desta e de outra Cadeia Reversa
Gerenciamento de Resíduos:								
Há resíduo para ser reaproveitado?						X		
Em qual processo produtivo ele é gerado?						X		
Pode ser reaproveitado como matéria prima?					X	X	X	X
Existe alguma outra empresa da cadeia interessada pelo reaproveitamento?					X		X	X
As empresas possuem e controlam as informações sobre a geração deste resíduo?			X	X	X	X		
Existe algum procedimento para reaproveitamento?					X	X	X	X
Há possibilidade de ganhos?					X	X		
Sistemas de Informação:								
Existe um sistema formal ou informal de Planejamento, Programação e Controle da Produção e de Matéria Prima?	X							
Há estrutura de uso dos produtos cadastrada?	X							
Como é a forma de chamada para a entrega das matérias primas?	X							
É possível a inserção dos dados sobre resíduos neste sistema?					X	X		
Sistemas de Informação Colaborativo:								
Existe alguma forma de comunicação entre a empresa e seus fornecedores?		X						
Estas informações que são trocadas podem considerar os dados sobre resíduos?		X			X	X		
Utilização de Ferramentas Lean: Kanban								
A empresa utiliza o Kanban na chamada de algum tipo de material?	X	X	X					
A empresa pode colocar os dados sobre resíduos que possui, para serem gerenciados pelo kanban?	X	X		X	X	X	X	X

O Roteiro de Pesquisa de Campo foi então composto, conforme mostra-nos o Quadro 4.3. que foi colocado na seqüência deste texto.

Quadro 4.3 – Roteiro para a Pesquisa de Campo

Roteiro para a Pesquisa de Campo		
Tópicos	**Referencial Teórico**	**Tipo de Pesquisa**
Gerenciamento de Resíduos		
Há resíduo para ser reaproveitado?	Gonçalves e Marins PmaisL Ketzenberg	Observação Documental Experimental
Em qual processo produtivo ele é gerado?		
Pode ser reaproveitado como matéria prima?		
Existe alguma empresa da cadeia interessada no reaproveitamento?		
As empresas possuem e controlam informações sobre a geração do resíduo?		
Existe algum procedimento para reaproveitamento?		
Há possibilidade de ganhos?		
Sistemas de Informação		
Existe algum sistema formal ou informal de Planejamento Programação e Controle da Produção e de Matéria Prima?	Gonçalves e Marins Ketzenberg	Documental Experimental
Há estrutura de uso dos produtos cadastrada?		
Como é a forma de chamada para entrega das matérias primas?		
É possível a sistematização dos dados dos resíduos utilizando um sistema já existente na empresa?		
Sistemas de Informação Colaborativos		
Existe alguma forma de comunicação entre a empresa pesquisada e seus fornecedores?	Woody Jr Romm	Observação Documental Experimental
As informações que são trocadas podem considerar os dados sobre resíduos?		
Utilização do *Kanban*		
A empresa utiliza o Kanban para algum tipo de chamada de entrega de matéria prima?	Woody Jr Room Womack e Jones	Observação Documental Experimental
A empresa pode colocar os dados sobre os resíduos que possui para serem gerenciados pelo *Kanban*?		

Tanto para a fase experimental quanto para a fase observacional, definiram-se os seguintes critérios para a pesquisa nas empresas:

- Que fosse uma empresa de produção privada do setor industrial nacional ou multinacional;
- Empresas onde suas lideranças apresentavam alguma preocupação com seu desempenho social e ambiental;
- Neste caso, estas empresas poderiam já possuir algum tipo de estudo de reaproveitamento, sistemas informatizados colaborativos ou não, e outros recursos tecnologicamente avançados;

- Mostrasse interesse e pré-disposição em participar da pesquisa e colaborar com este trabalho;
- Empresas que possuíssem conhecimento sobre sistemas de planejamento, programação e controle da produção e em outros sistemas de informação;
- Fosse uma empresa que tivesse a facilidade em estabelecer contatos diretos com as outras indústrias fornecedoras e clientes, preferencialmente próximas e até com as outras empresas pesquisadas;
- Empresas em uma região em desenvolvimento, com grande incentivo para fixação de novos negócios, onde órgãos públicos e privados estivessem preocupados com o destino de volumes cada vez maiores dos resíduos industriais;

As empresas estudadas estão localizadas e executam atividades no Vale do Paraíba, interior do estado de São Paulo.

Foram as seguintes:

- Uma empresa do segmento de vidro para construção civil e montadoras de veículos, com uma de suas sedes situada na cidade de Caçapava;
- Uma empresa do segmento de aço e ferro, considerada indústria pesada, produtora de peças de grande porte para usinas hidrelétricas, situada na cidade de Taubaté;
- Uma montadora de veículos que tem uma de suas plantas localizada também na cidade de Taubaté, e produz um dos veículos de passeio mais vendidos no país;
- Uma empresa 'beneficiadora'e 'recicladora' de resíduos industriais, situada em Sorocaba, mas que atende exclusivamente as empresas das cidades do Vale.

O Quadro 4.4 resume algumas características das empresas que foram visitadas para a pesquisa deste trabalho é apresentado a seguir.

Quadro 4.4 – Empresas Utilizadas na Pesquisa do Trabalho

Empresa/ Segmento	Característica Relevante do Negócio	Principal Produto/ Serviço - Mercado	Resíduo que serviu ao trabalho	Origem do Resíduo
Empresa "A" Vidros	Maior fornecedora de vidros planos do mundo	Vidros planos para mercado automobilístico	PVB Resina polivinil butiral	Parte interna do sanduíche de duas folhas de vidros para confecção de para brisas automotivos. É utilizado para evitar projeção do vidro fragmentado.
Empresa "B" Montadora de Veículos	Fabricante do modelo de Veículo mais vendido no Brasil nos últimos anos	Veículos de passeio para mercado doméstico	Aço	Resíduo proveniente da estampagem das peças de aço para produção da parte externa dos veículos.
Empresa "C" Mecânica Pesada	Líder global em equipamentos e serviços para geração de energia	Turbinas para Usinas Hidrelétricas	Aço inox	Resíduo proveniente da fabricação de turbinas que permanecem em contato com a água.
E4 - Recicladora	Inseriu no Brasil o conceito de "blend" para o reaproveitamento dos resíduos industriais	Tratamento de resíduos para geração de energia com resíduos de indústrias de médio porte	Resíduos sólidos industriais de vários tipos exceto perigosos	Empresas do Vale do Paraíba

As empresas definidas para a pesquisa deste trabalho, não foram definidas de forma imediata. Primeiramente foram consultadas todas as empresas presentes no Vale do Paraíba, dos segmentos de papel, alumínio, vidro e aço. Posteriormente foram definidas por permitirem o acesso do pesquisador aos dados necessários no interior das empresas.

Esta amostra não-probabilística foi então definida pelos critérios de relevância e acessibilidade.

CAPÍTULO 5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

As empresas que participaram desta pesquisa forneceram informações referentes aos processos geradores de resíduos passíveis de serem reaproveitados pelos seus fornecedores, ou por outras empresas consideradas parceiras em iniciativas menos poluentes.

Os fornecedores também cederam informações sobre como o reaproveitamento poderia ser realizado, e quanto às práticas sistematizadas poderiam definitivamente compor essas iniciativas.

Como este trabalho enfoca a comunicação na geração para a reciclagem de resíduos industriais, deu-se preferência às empresas que trabalhassem com processos geradores de grande quantidade de resíduos altamente poluentes.

5.1 Empresa 'A': Segmento de Vidros para Indústria da Construção Civil e Automobilística

A primeira empresa que aceitou participar desta pesquisa, aqui denominada 'Empresa A', é líder no mercado mundial na produção de vidros planos. Embora seja produtora de vidros, o resíduo utilizado no teste do modelo ECO-*Kanban* foi a resina PVB ou polivinilbutiral. Detalhes sobre o processo produtivo e a utilização dessa matéria prima são descritos na seqüência deste trabalho.

A demanda por vidros, especialmente planos, cresceu consideravelmente nos últimos anos. No ano de 2007 houve um crescimento recorde de 70%, em conseqüência do aumento da produção mundial e da utilização de vidros em veículos de todos os tipos em casas e edifícios para moradia e comerciais.

Na América do Sul, as principais fábricas estão em dois países: Brasil e Argentina. O vidro produzido e processado nessas duas fábricas faz com que a empresa seja detentora de 50% do mercado de vidros planos no Mercosul.

Este trabalho apresenta informações sobre a produção de vidros planos para veículos, especialmente o ECO-*Kanban*, que foi testado para a verificação do modelo de reaproveitamento sistemático de resíduos industriais.

A empresa objeto da primeira parte desta pesquisa produz vidros para veículos novos e para o mercado de reposição, oferecendo aos clientes serviços que vão desde a concepção

inicial até a entrega do produto final. Destacam-se, entre seus produtos e serviços, o controle da incidência solar em vidros para veículos, para o conforto dos passageiros; o sistema de controle de aquecimento dos vidros, para evitar condensação e congelamento; vidros de segurança; sistemas de vitrificação incluindo encapsulamento; extrusão; e outros componentes, como sensores de chuva.

A empresa também produz vidros planos que propiciam o reflexo da luz solar e a absorção de luz e calor, e oferece, ainda, uma distribuição especial de seus produtos ao mercado consumidor, destacando o transporte de vidros em veículos especiais que proporcionam segurança e integridade dos produtos, da fábrica até as dependências dos clientes.

Existem três principais métodos de produção dos vidros planos. O primeiro, chamado *float process*, é a forma como são produzidos 85% dos vidros planos. A Figura 5.1 ilustra esse processo.

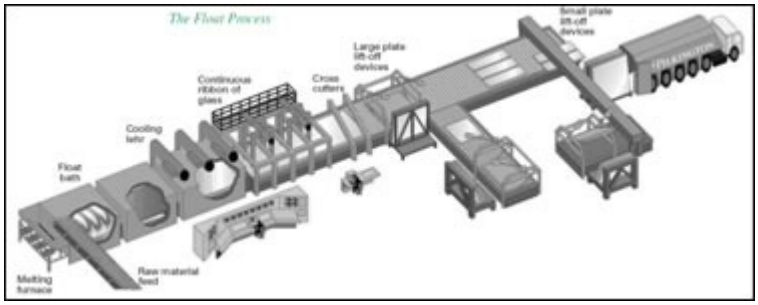


Figura 5.1 – *Float Process* – Um dos processos produtivos para obtenção do vidro plano
Fonte – Empresa A

O segundo tipo de processo é conhecido como *Building Products Processing*, que é um processo que produz em larga escala um grande volume de produtos. Os dois processos apresentados são utilizados para a produção de vidros para construção civil.

Para a produção de vidros automotivos utiliza-se o último processo, *Building Products Processing*, que é composto por três etapas: pré-processamento, conformação e vitrificação. A fase de pré-processamento é aquela onde ocorre a mistura dos vários componentes. Na segunda fase, a de conformação o vidro é temperado e laminado. Na última fase é onde ele adquire o aspecto de transparência. É a partir daí que as lâminas já prontas são cortadas e preparadas para a produção do vidro automotivo.

A película de PVB entra na produção a partir desta fase. Ela é colocada entre duas partes já conformadas e cortadas do vidro automotivo a exemplo de um sanduíche. Esse recurso é utilizado para aumentar a segurança e a resistência do produto e compõe os vidros

dos veículos, como o para brisa. O PVB impede que o vidro ao quebrar se estilhace, comprometendo a integridade física dos ocupantes que estão no interior dos veículos.

Para melhor explicar o manuseio do PVB na produção do vidro automotivo apresenta-se um esquema do fluxo produtivo que mostra a seqüência completa do processo. São apresentadas, então, as figuras que complementam a explicação.

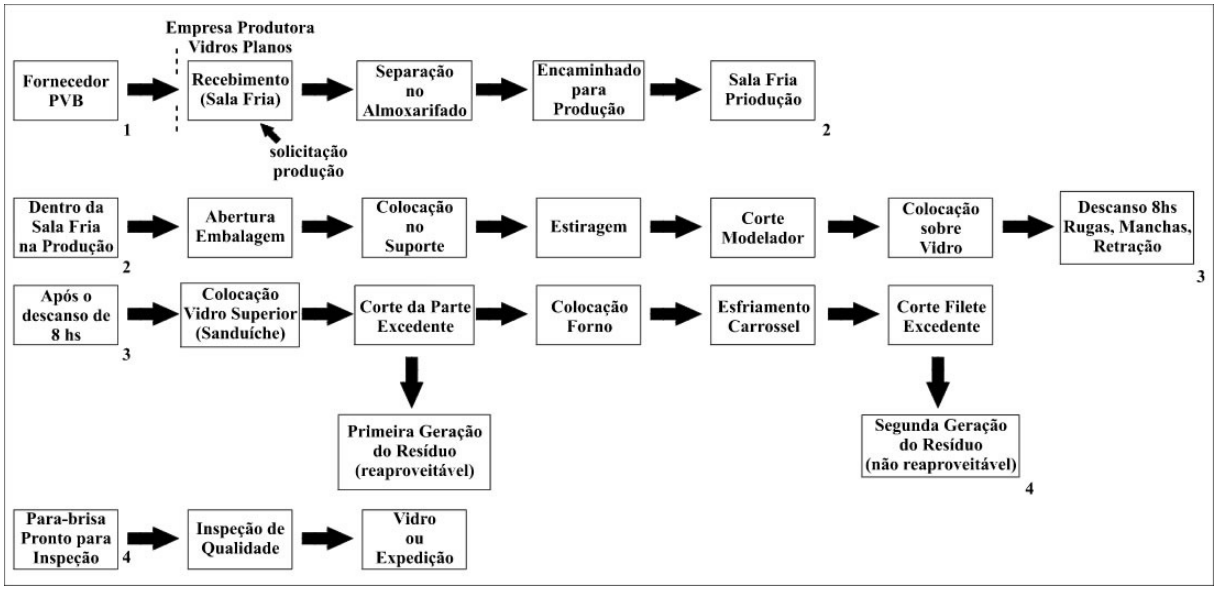


Figura 5.2 – Esboço da Sequência do Processo Produtivo do Vidro Automotivo

Fonte – Empresa A

As Figuras 5.3 e 5.4 complementam o esboço apresentado anteriormente.

Figura 5.3 – Matéria Prima PVB estocada no armazém climatizado

Fonte – Empresa 'A'

Como mostra a Figura 5.3, a armazenagem da resina PVB é realizada em compartimento climatizado com temperatura de 15º. A embalagem interna faz com que a

resina permaneça fria e protegida de qualquer contaminação como poeira e outras partículas sólidas.

Figura 5.4 – Embalagem interna da resina PVB

Fonte – Empresa 'A'

Assim que a linha de produção solicita o abastecimento do PVB, ele é levado para uma sala especial onde se desenvolve todo o processo. É nessa sala, também climatizada e livre de poeira, que os empregados manipulam a resina. Esses cuidados fazem com que o produto possa aderir corretamente à superfície do vidro e o resíduo do processo ser reaproveitado pelo próprio fornecedor. Somente a resina manipulada nessa sala pode ser utilizada tanto na produção de vidros quanto no reaproveitamento pelo fornecedor.

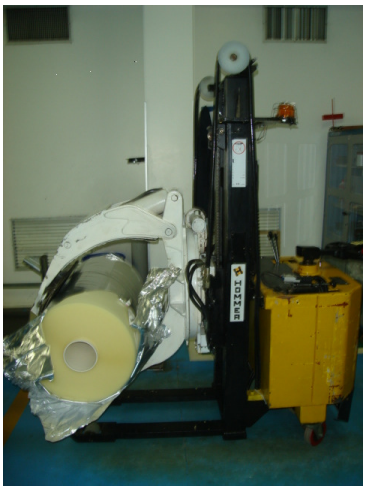
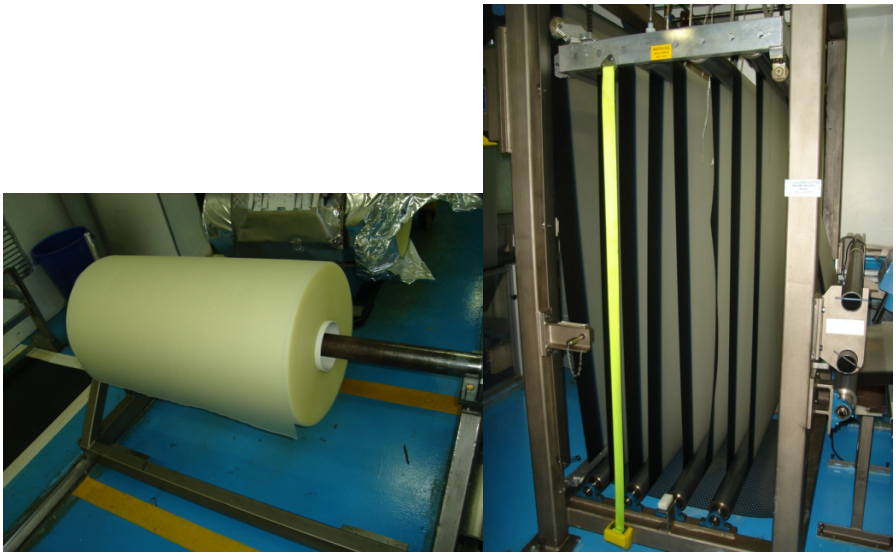


Figura 5.5 – Rolo de PVB sendo aberto na sala fria na produção

Fonte – Empresa 'A'

Quando o rolo de PVB é retirado da embalagem térmica, é preparado para o 'estiramento', já que o processo requer que seja esticado ao máximo. As figuras a 5.6 e 5.7 mostram essa parte do processo.

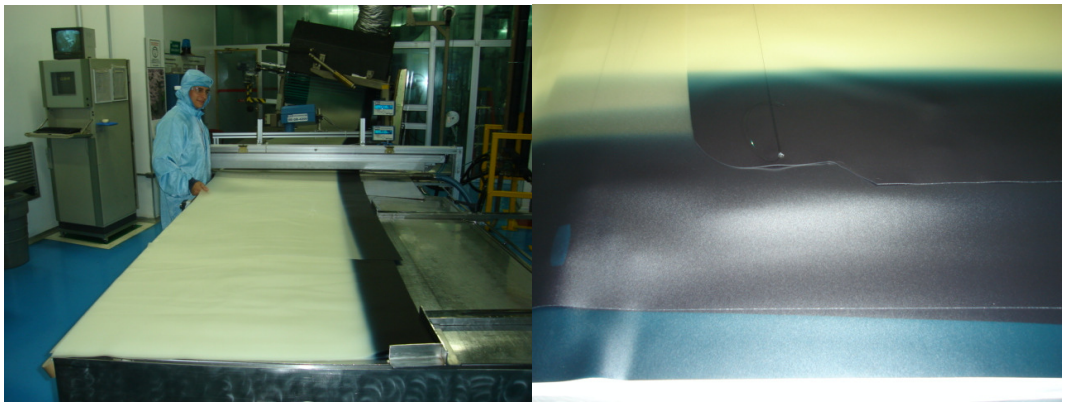


Figuras 5.6 e 5.7 – Rolo de PVB sendo posicionado para estiramento
Fonte – Empresa 'A'

Na última fase do estiramento o PVB é colocado sobre uma mesa apropriada, e preparado para o corte. As Figuras 5.8 e 5.9 mostram essa etapa de preparação.

Figuras 5.8 e 5.9 – Preparação para corte do PVB
Fonte – Empresa 'A'

O vidro frontal do veículo é produzido com duas camadas de vidro e uma de PVB colocada internamente, formando algo semelhante a um 'sanduíche'. As figuras 5.10 e 5.11 apresentam o PVB já estirado e colocado na mesa para corte. A parte escurecida é conhecida como 'banda', e se localiza na parte superior do para brisa.



Figuras 5.10 e 5.11 – Preparação para corte

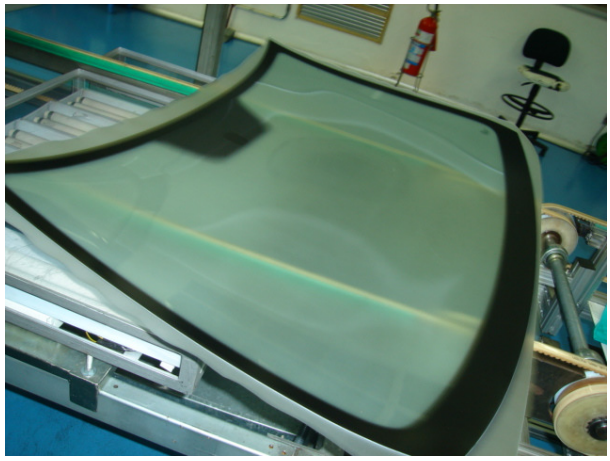
Fonte – Empresa 'A'

A resina PVB é cortada numa medida um pouco maior que a dimensão do vidro, pois sofre uma retração antes de ser completamente colada no 'sanduíche'. Por esse motivo é colocada sobre o vidro inferior. Esse vidro e a resina são colocados numa espécie de armário, denominado 'bandejeiro', e só depois de 8 horas o vidro superior é colocado sobre eles, e então o 'sanduíche' é fundido em forno especial.

Figuras 5.12 e 5.13 – Vidro inferior com a resina PVB

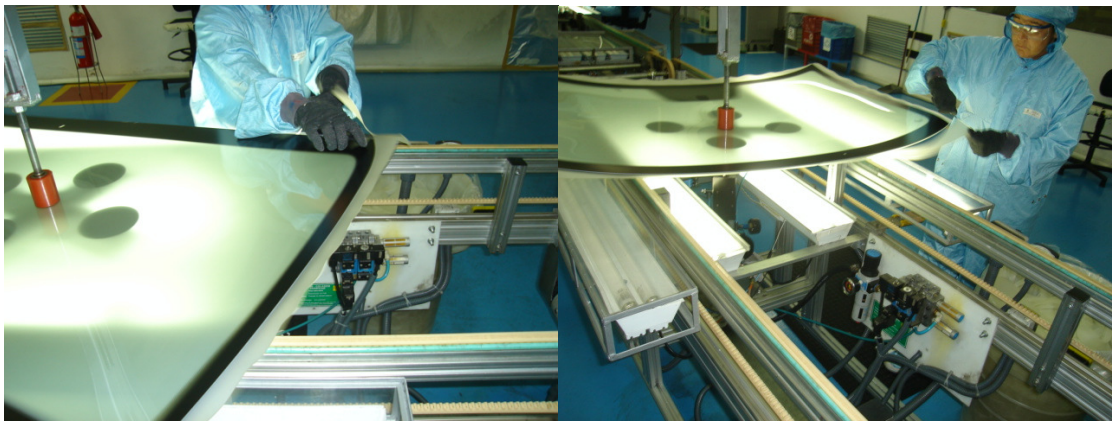
Fonte – Empresa 'A'

A Figura 5.14 mostra os dois vidros já unidos com a resina colocada internamente. As três partes estão unidas, mas não coladas. O para brisa semi-pronto ainda passará pelo processo de aquecimento para que as três partes sejam totalmente coladas.



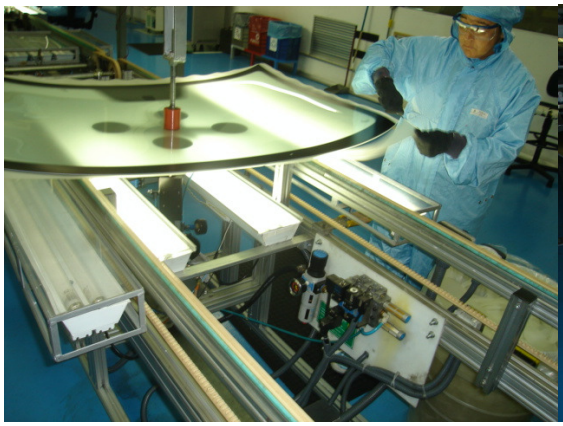
Figuras 5.14 – "Sanduíche"- Vidros inferior e superior com PVB colocado internamente
Fonte – Empresa 'A'

O resíduo de PVB é gerado no momento em que as partes são coladas e o excedente é cortado pelo operador de produção. As Figuras 5.15, 5.16 5.17 e 5.18 mostram o momento em que o operador corta a borda excedente (apara) de PVB, após as partes que compõem os vidros dianteiros do veículo serem unidas.



Figuras 5.15 e 5.16 – Corte do excedente de PVB
Fonte – Empresa 'A'

As Figuras 5.15 e 5.16 mostram o exato momento em que o operador executa o corte da quantidade excedente de PVB.



Figuras 5.17 e 5.18 – Continuação do corte do excedente de PVB

Fonte – Empresa 'A'

A Figura 5.19 mostra o resíduo de PVB sendo cortado do vidro automotivo**.**

Figura 5.19 – Corte do PVB

Fonte – Empresa 'A'

A Figura 5.20 mostra o vidro pronto com o excedente de PVB já retirado.

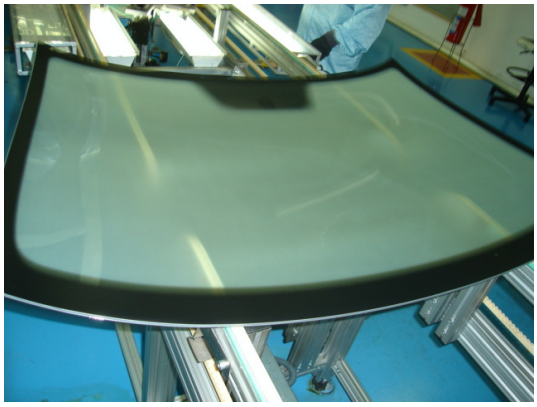


Figura 5.20 – Vidro pronto para colagem

Fonte – Empresa 'A'

Ainda dentro da sala fria, o resíduo de PVB é colocado em um tambor posicionado ao lado da área de corte da apara. Isto pode ser visto nas Figuras 5.21 e 5.22.

Posteriormente, esse resíduo de aparas é colocado, ainda dentro da sala fria, em embalagens plásticas, retornáveis, para envio ao fornecedor.

Figuras 5.21 e 5.22 – Resíduo de PVB

Fonte – Empresa 'A'

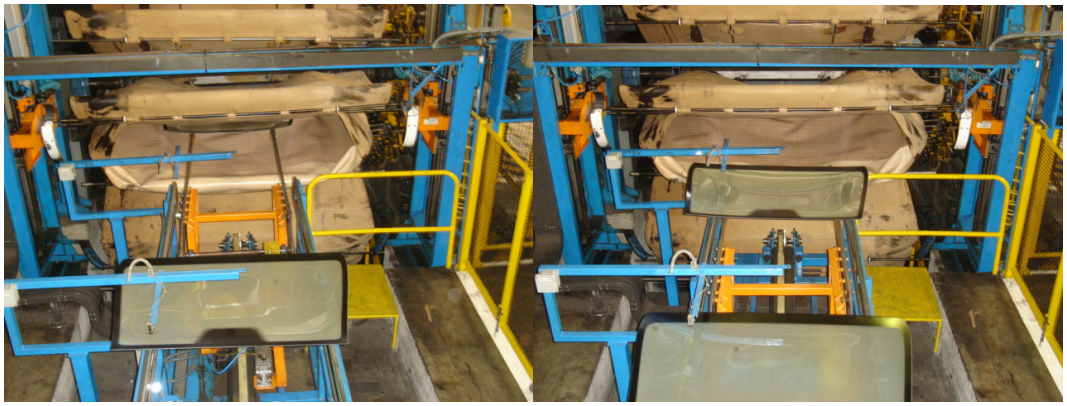
As Figuras 5.23 e 5.24 mostram a embalagem, vermelha, em que o resíduo é pesado e preparado para o envio ao fornecedor da matéria prima, para reaproveitamento.

Figuras 5.23 e 5.24 – Embalagens retornáveis com PVB

Fonte – Empresa 'A'

As figuras seguintes apresentam a continuação do processo produtivo até o vidro automotivo estar completamente pronto para armazenagem na área de expedição e envio às clientes, que são as montadoras de veículos.

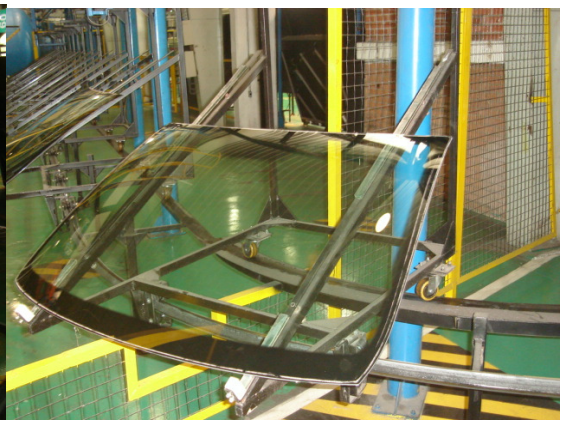
Após a união das partes: vidro inferior, resina de PVB e vidro superior, o conjunto é colocado no forno para colagem definitiva, conforme figuras 5.25 e 5.26.



Figuras 5.25 e 5.26 – Forno para colagem do vidro

Fonte – Empresa 'A'

Após a saída do forno, os para brisas já prontos, são colocados em um 'carrossel', para que retornem à temperatura ambiente, conforme Figuras 5.27 e 5.28.



Figuras 5.27 e 5.28 – Vidros no carrossel para "esfriamento"

Fonte – Empresa 'A'

Nessa fase do processo produtivo aparece mais um excedente de PVB, localizado por toda a borda do vidro. Esse excedente é também cortado, mas o resíduo formado não pode ser mais reaproveitado. A Figura 5.29 mostra esse resíduo já cortado, no chão da área produtiva, para depois ser recolhido.

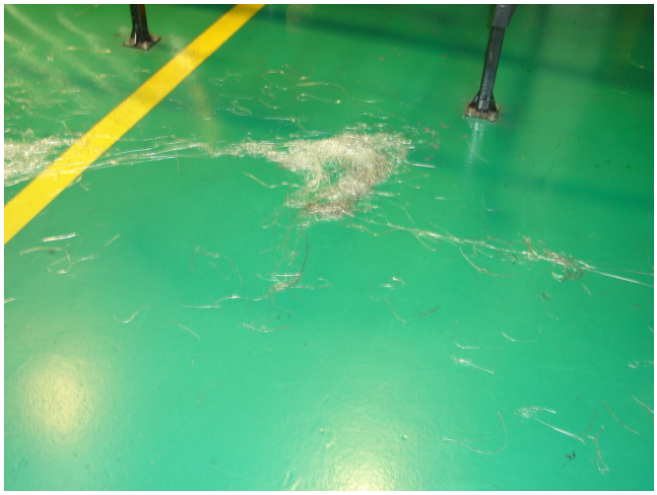


Figura 5.29 – Filete já cortado no chão

Fonte – Empresa 'A'

Alguns resíduos na empresa são considerados nobres, pois, mantêm-se íntegros por grande parte do processo, não sofrendo qualquer contaminação e não participando de qualquer outro processo físico ou químico que altere suas propriedades.

A resina polivinilbitural, em especial, é considerada de ótima qualidade e pode ser utilizada como matéria prima de seu próprio processo produtivo, desde que a empresa produtora de vidros garanta sua integridade e a não contaminação.

Por esse motivo, seu manuseio na produção é realizado dentro de uma sala especial, climatizada, com os empregados devidamente vestidos para essa operação. O PVB manipulado dentro da sala é considerado resíduo limpo. Aquele cortado fora da sala, quando os vidros se encontram nos carrosséis, é considerado resíduo sujo e não pode ser reaproveitado pelo fornecedor.

5. 1.1 Teste do Modelo ECO-*Kanban*

Antes de iniciado o teste do modelo ECO-*Kanban,* a empresa produtora de vidros já se preocupava com a disposição adequada e um possível reaproveitamento de todos os resíduos gerados em sua produção. Desde 2005 alternativas para o reaproveitamento da resina PVB estavam sendo analisadas, mas ainda sem sucesso. Por esse motivo, o reaproveitamento deste resíduo foi indicado pela empresa para teste do modelo.

Em acordo com o teste do ECO-*Kanban*, em meados de 2007, a empresa fez os primeiros contatos com o fornecedor da matéria prima, que já havia construído uma fábrica nas proximidades dada à demanda crescente. O fornecedor aceitou fazer os primeiros testes para o reaproveitamento e as atividades de envio do resíduo começaram em 2008. Em meados desse mesmo ano começou o teste do ECO-*Kanban.* Nessa fase teve início o estudo de observação.

O teste visava comprovar que a proposta do fluxo de informação sistematizado entre empresas, nesse caso a fornecedora do PVB e a fabricante de vidros planos automotivos, favorecia o reaproveitamento do resíduo da própria matéria prima. Ou seja, que a visibilidade do estoque desse resíduo pelo fornecedor, que já possuía uma iniciativa de reaproveitamento, seria interpretada como uma ordem de produção de nova quantidade da matéria prima utilizada.

Para a produção de PVB o fornecedor de matéria prima utilizaria parte do resíduo de PVB, evitando utilizar a matéria prima virgem, fechando, assim, o ciclo de informação, fluxo e reaproveitamento. O teste estava relacionado diretamente ao benefício que a informação poderia trazer ao reaproveitamento do resíduo industrial e não em julgar iniciativas de reaproveitamento da empresa. A Figura 5.30 procura ilustrar o fluxo de informação e resíduos entre a empresa produtora de vidros e a empresa fornecedora de PVB. Essa figura é também o modelo inicial, mostrado na Figura 1.1, já adaptado para o modelo do ECO-*Kanban*, para a Empresa ‘A’.

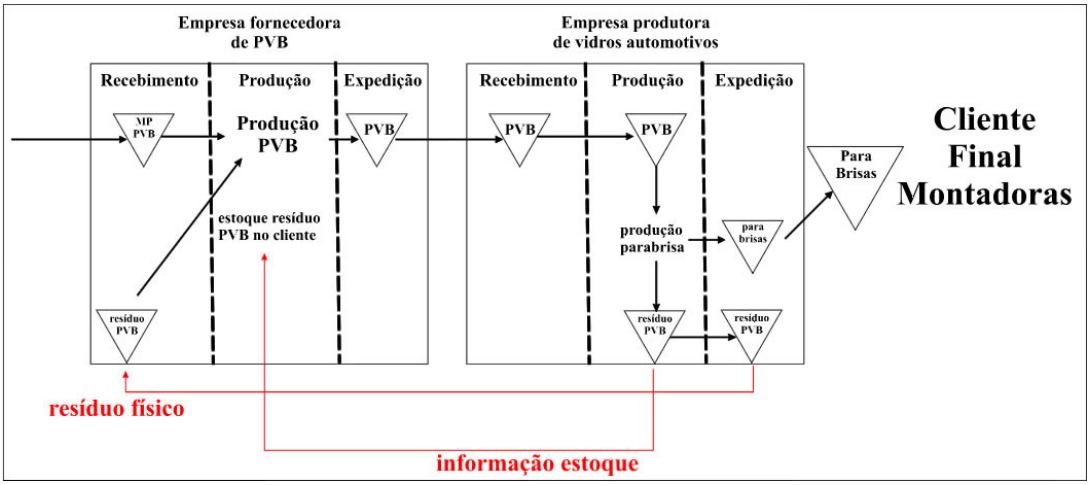


Figura 5.30 – Modelo do ECO-*Kanban* adaptado para a indústria de vidros

O importante no experimento era comprovar que a informação poderia agilizar o processo de reaproveitamento desde a visualização do estoque do resíduo, passando pela separação, embalagem, transporte, recebimento no fornecedor, abastecimento e utilização na produção. Qualquer dessas etapas, se facilitada por um fluxo de informação e visualização do estoque do resíduo, poderia ser interpretada como positiva no teste do modelo.

De acordo com Bryman (2007), a pesquisa experimental deve ser realizada intercalando-se as fases com e sem a variável dependente. Por esse motivo a pesquisa foi idealizada em três etapas: a primeira em um período sem a variável dependente, uma intermediária com a variável atuando e a última sem a variável novamente. A pesquisa de observação foi realizada pela presença do pesquisador na empresa pesquisada em complemento à pesquisa experimental.

Algumas premissas precisaram ser seguidas para o referido teste e foram acordadas entre a empresa produtora de vidros (cliente) e a empresa produtora do PVB (fornecedor).

As premissas foram:

- O teste deveria ser realizado por um determinado período respeitando-se os critérios da pesquisa experimental. Por esse motivo, o período foi dividido em outros três períodos menores: junho, julho e agosto de 2008 como primeira etapa; setembro, outubro e novembro de 2008 como segunda etapa e, dezembro de 2008, janeiro e fevereiro de 2009, como terceira etapa;
- A empresa produtora de vidros deveria disponibilizar para o fornecedor de PVB, a partir da segunda etapa, semanalmente, os volumes necessários da resina para produção dos vidros automotivos semanalmente, a partir da

informação da quantidade de resíduo gerada, para que o fornecedor providenciasse sua retirada e conseqüente uso na produção de mais matéria prima, PVB;

- A entrega de PVB seria realizada por meio de um *Kanban*. A empresa pesquisada deveria, juntamente com o fornecedor de PVB, acompanhar a geração de resíduo (quantidade e freqüência) para programar a produção da resina, conforme a saída dos resíduos de sua produção. Foi determinado que a embalagem vermelha (caçamba plástica), que aparece nas figuras 5.23 e 5.24, seria utilizada como 'contenedor', que era o sinal de produção de mais matéria prima PVB;
- O cliente final, montadora, deveria disponibilizar semanalmente, para a empresa produtora de vidros, informações sobre a necessidade de pára-brisas. O horizonte para toda a cadeia era sempre de seis meses;
- O fornecedor de PVB deveria informar a proporção da utilização do resíduo na produção de PVB, para que fosse determinado um estoque de segurança, levando em conta as alterações de demanda de vidros, consequentemente de resina, e *o lead time* de sua produção;
- Na primeira etapa seria reportada somente a situação atual; os procedimentos normais que ambas as empresas realizavam. Na segunda etapa, então, com as informações do *kanban* disponibilizadas, seriam anotadas a freqüência de remessa do resíduo para o fornecedor e do PVB do fornecedor para o cliente. Na terceira etapa se deveria, então, voltar a realizar ações semelhantes as da primeira etapa, obedecendo ao que foi definido para a pesquisa experimental. Esse esquema está apresentado na Figura 5.2, com a inserção do modelo ECO-*Kanban.*

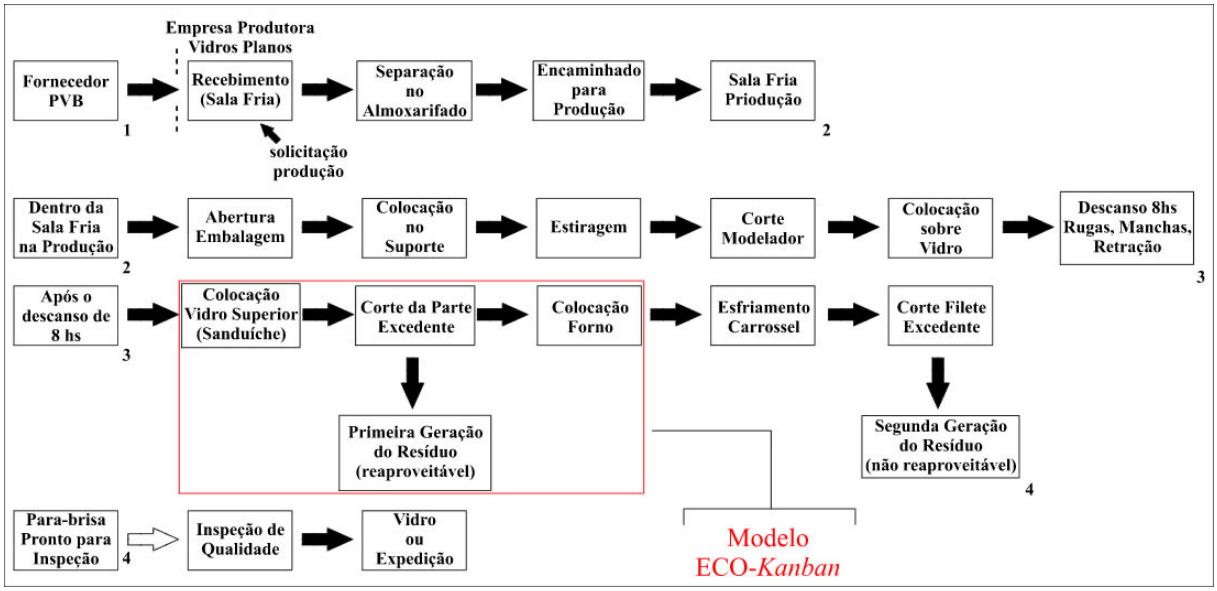


Figura 5.31 – Fluxo das Atividades do Experimento

Fonte – Empresa 'A' - Adaptado pela autora

Para que se realizasse o teste do modelo, foi utilizado o Roteiro da Pesquisa de Campo, apresentado no Capítulo 4. Para a apresentação dos resultados, tanto no teste na Empresa 'A', como nas demais empresas, fez-se um descritivo do que foi observado antes, durante e depois da pesquisa experimental.

Os resultados encontrados nessa primeira empresa foram os seguintes:

A. Gerenciamento de Resíduos

O resíduo indicado para o teste foi o da resina de PVB, ou resina de polivinilbutiral. Ao observar as atividades nas duas empresas verificou-se que antes do teste do modelo somente o Sistema de Gestão Ambiental (SGA), elaborado pela área Ambiental, gerenciava as informações sobre o resíduo do PVB.

Esse resíduo pôde ser reaproveitado como matéria prima, pois seu fornecedor atual da resina já havia evidenciado verbalmente o desejo de realizar este reaproveitamento. Antes do teste do modelo não havia uma disposição sustentável nem um procedimento formal de reaproveitamento.

Após o teste do modelo, o fornecedor passou a retirar a resina reaproveitável, acondicionada em embalagens vermelhas e introduziu o reaproveitamento na produção de nova resina, com a mesma freqüência que a entrega de matéria prima para a produção de vidros era realizada. Antes, não havia qualquer relação pré-estabelecida entre o envio de resíduo e o retorno de matéria prima. A partir do teste do modelo todas as informações

referentes ao resíduo: freqüência de geração, volumes, preço, e movimentação começaram a ser passadas ao fornecedor.

Assim, um fluxo de informação cadenciado, constante e concreto foi estabelecido entre as empresas. Informações que comprovam essa afirmativa foram obtidas tanto na análise da documentação da empresa pesquisada, quanto colhida por meio de observação durante a pesquisa experimental.

B. Sistema de Informação para Planejamento

A empresa de vidros programava seu fornecedor de resina de PVB utilizando uma planilha inserida em um *software*. Esta planilha mostrava somente as quantidades necessárias de PVB e indicava quando estas quantidades deveriam ser entregues pelo fornecedor. A Empresa 'A e seu fornecedor não compartilhavam um sistema formal de planejamento, ou seja, um ERP (*Enterprise Resources Planning*) e não existia qualquer informação referente ao resíduo inserida nessa planilha, nem em qualquer outro sistema de programação.

O fornecedor da resina de PVB programava sua produção de acordo com a solicitação da empresa de vidros, utilizando a referida planilha, apenas inserindo as informações pertinentes às suas atividades. Não existia uma estrutura formal de uso cadastrada, ou seja, não se utilizava uma estrutura de uso do tipo BOM (*Bill of Material*). Parte das informações constantes na planilha de planejamento foi utilizada para a elaboração do quadro *kanban*.

C. Sistema de Informação Colaborativo

Não existia um sistema automatizado de troca das informações de programação entre as empresas. A Empresa 'A', enviava semanalmente, via correio eletrônico (*email*), a planilha de programação ao fornecedor, uma vez que seu cliente atualizava os dados de necessidade de vidros para veículos, na mesma freqüência. Essa troca de informações ocorria algumas vezes com atraso ou de forma emergencial, ou seja, em tempo inferior ao normal, devido à condição crítica na linha de produção da empresa de vidros. A empresa pesquisada e seu fornecedor não possuíam um sistema colaborativo para troca de informações sobre resíduos.

D. Utilização do *Kanban*

Ambas as empresas, embora tendo conhecimento dessa ferramenta para a prática do *lean manufacturing*, utilizavam-na de forma esporádica na sua produção, mas não para o gerenciamento de resíduos. Existiam quadros e gráficos de controle que demonstravam a preocupação da empresa em executar a referida prática. Com as informações sobre resíduo de PVB, que as empresas passaram a ter e controlar, foi possível a montagem do quadro para o planejamento da produção para a chamada da resina como matéria prima, destinada à produção de vidros. Inicialmente as informações passadas não eram precisas quanto à

freqüência e quantidade gerada. Por esse motivo o planejamento do fornecedor, tanto de sua produção quanto do transporte foi prejudicado.

Ainda foram consideradas algumas informações julgadas pertinentes:

- A empresa produtora de vidros sempre deveria repassar ao fornecedor de PVB os volumes necessários, no maior horizonte de programação possível para que tivesse a visibilidade da necessidade do cliente final;
- O controle do volume do resíduo era importante para o fornecedor, mas também para a empresa de vidros. A alteração das quantidades diferentemente da demanda do cliente principal, poderia significar um descontrole do processo.
- Para a construção do quadro para o planejamento da produção, foram considerados os seguintes valores descritos no quadro 5.1.

Quadro 5.1 – Informações Utilizadas para o Planejamento do Reaproveitamento do Resíduo

Total consumido de Resina PVB por mês (em m²)
Total consumido de Resina PVB por semana (em m²)
Total consumido de Resina PVB por semana (em rolos)
Total de Resíduo gerado por semana (em Kg)
Total de Resíduo gerado por semana (em caçambas)
Estoque de segurança em caçambas
Estoque de segurança em rolos

Fonte – Empresa A – Adaptado pela Autora

Considerando os dados anteriormente mostrados, o *Kanban* de PVB, foi composto utilizando-se as informações sobre o uso da matéria prima na produção, mas principalmente a quantidade proporcional de resíduo gerado por unidade (rolo) da resina. Cada quantidade de rolo de PVB gerava uma quantidade "x" de resíduo, que foi acondicionado em caçambas plásticas vermelhas.

As caçambas, quando cheias de resíduo, passaram a acionar o fornecedor no momento da necessidade de produção de mais PVB. Este fato passou a estabelecer uma relação entre quantidade utilizada de PVB em rolos, e quantidade de resíduo do PVB em caçambas. Considerou-se também o *lead time* de produção do fornecedor de PVB que era de 2,5 dias, entre a retirada do resíduo e a entrega de matéria prima. Na primeira etapa o estoque de segurança foi composto para 15 dias e mantido ao longo do teste do modelo.

Durante a primeira etapa da pesquisa grande parte do resíduo ainda permanecia dentro da Empresa ‘A’. A partir da segunda etapa, foi então elaborada uma planilha com informações para o planejamento da compra da matéria prima PVB, utilizando-se as informações colhidas na primeira etapa. A Tabela 5.1 apresenta os dados desta planilha.

Tabela 5.1 – Informações para Compra de Matéria Prima PVB

	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar
total mês PVB(em m2)	82000	74000	69500	65000	64250	48250	42750	59750	59750	67750
por semana PVB(em m2)	20500	18500	17375	16250	16063	12063	10688	14938	14938	16938
por mês em rolos (unidade)	328	296	278	260	257	193	171	239	239	271
por semana em rolos(unidade)	92	66	78	73	58	54	38	67	67	76
resíduo por semana gerado (em Kg)	2953	2131	2504	2343	1849	1733	1233	2151	2151	2440
resíduo gerado em caçambas	18	13	16	15	12	11	8	13	13	15
estoque de segurança em rolos (na empresa 'A')	16	15	14	13	10	11	11	14	15	16
estoque de segurança em rolos (no fornecedor)	16	15	14	13	10	11	11	14	15	16
estoque segurança total (em rolos)	31	29	29	25	21	21	23	27	29	33

Fonte – Empresa A – Adaptado pela Autora

A resina de PVB era comprada em metros quadrados, que é a medida da estrutura de uso no para brisa, em rolos de 0,89x250m. Para cada cinco rolos de PVB utilizados era gerada uma caçamba de resíduo.

Ficou estabelecido entre cliente e fornecedor, então, que o múltiplo de pedido de PVB seria cinco rolos. Por esse motivo as quantidades em vermelho, mostradas na Tabela 5.1, foram ajustadas para múltiplos de cinco, sempre se optando pelo arredondamento o mais próximo do real. Esse ajuste pode ser visto na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Informações para a Compra de Matéria Prima Ajustada

	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar
total mês PVB(em m2)	82000	74000	69500	65000	64250	48250	42750	59750	59750	67750
por semana PVB(em m2)	20500	18500	17375	16250	16063	12063	10688	14938	14938	16938
por mês em rolos (unidade)	328	296	278	260	257	193	171	239	239	271
por semana em rolos(unidade)	92	66	78	73	58	54	38	67	67	76
resíduo por semana gerado (em Kg)	2953	2131	2504	2343	1849	1733	1233	2151	2151	2440
residuo gerado em caçambas	18	13	16	15	12	11	8	13	13	15
estoque de segurança em rolos (na empresa 'A')	16	15	14	13	10	11	11	14	15	16
estoque de segurança em rolos (no fornecedor)	16	15	14	13	10	11	11	14	15	16
estoque segurança total (em rolos)	31	29	29	25	21	21	23	27	29	33
estoque segurança ajustado total (em rolos)	30	30	30	25	20	20	25	30	30	35

Fonte – Elaborado pela Autora

A Empresa ‘A’ começou a informar o volume necessário para a produção de resina de PVB e o volume gerado de resíduo, para que o fornecedor pudesse retirá-lo, uma vez que o ECO-*Kanban* estava estabelecido e ambas as empresas buscavam a redução do preço na comercialização da matéria prima.

A empresa produtora de vidros informava semanalmente ao fornecedor a quantidade necessária de PVB para a sua produção, através de um fluxo de informação sistematizado, informando a quantidade de caçambas plásticas de resíduo de PVB disponíveis para retirada. Como o fornecedor já conhecia as quantidades que iria retirar, providenciava alguns recursos que outrora haviam faltado: veículos apropriados e maior volume de embalagens.

No início da segunda etapa, quando Empresa ‘A’ e fornecedor de PVB começaram a utilizar de forma efetiva o ECO-*Kanban*, o primeiro lote de PVB produzido com a informação sistematizada do resíduo foi retirado e produzido com bastante antecedência. Com o decorrer do teste do modelo, ambas as empresas verificaram que os 7 dias acordados anteriormente seriam suficientes.

Com o aumento da produção de vidros e consumo de PVB, a Empresa ‘A’ utilizava o estoque de segurança, e assim que o novo lote fosse acionado era acionada também a recomposição desse estoque. O ajuste automático também acontecia quando a produção sofria alguma queda.

Para que as Tabelas 5.1 e 5.2 fossem compostas, foram considerados os seguintes fatores:

- A Empresa ‘A’, tinha capacidade para a produção de 21.000 vidros por dia, 7.000 vidros por turnos com 3 turnos de produção, neste forno onde o teste do modelo foi realizado;
- Quando o teste do modelo começou, a linha estava produzindo aproximadamente 16.000 vidros/dia, 76% da capacidade máxima da linha de produção;
- Historicamente, desde que a Empresa ‘A’, começou a funcionar no Vale do Paraíba, a produção nunca foi inferior a 14.000 unidades/dia e superior a 18.000 unidades/dia;
- Os resíduos provenientes de 05 rolos de PVB foram acondicionados em 01 caçamba, e cada caçamba passou a ser utilizada para a produção de 5 rolos de PVB – esta relação foi propositadamente acertada para que 01 a caçamba fosse o sinal de produção para 5 rolos;

- A Empresa ‘A’ gerava diariamente, mais resíduos de PVB que o fornecedor utilizava para a produção de matéria prima virgem, mas ela não disponibilizava isto para o fornecedor. Somente disponibilizava caçambas cheias de resíduo em quantidades proporcionais às quantidades de matéria prima virgem que ela iria precisar;
- Pelo exposto acima, quando a Empresa ‘A verificava um aumento da produção e conseqüente aumento do estoque de segurança, ela disponibilizava caçambas nas quantidades para serem produzidas as matérias primas;
- O tempo de ressuprimento do fornecedor de PVB era de no máximo três dias. Inicialmente acertou-se a entrega a cada cinco dias, ou 01 semana, permanecendo mais uma semana de estoque de segurança nas dependências do próprio fornecedor;
- O fornecedor de PVB possuía igualmente a capacidade para produzir resina para 21.000 vidros automotivos/dia, e dentro deste patamar, disponibilidade para atender até 50% de aumento da demanda, dentro do mesmo mês;
- Como a Empresa ‘A ‘ disponibilizava para o fornecedor as informações sobre o volume de vidros automotivos a serem fabricados e as quantidades de caçambas disponíveis para serem retiradas, qualquer erro ou descontrole do processo poderia ser percebido por ambos;
- A Empresa ‘A’, preparou uma área específica para armazenagem das caçambas a serem retiradas pelo fornecedor de matéria prima PVB, para que não houvesse qualquer equívoco no volume que seria retirado de caçambas com resíduo, pois, cada caçamba significava a ordem de produção para mais 05 a rolos de PVB.

A Figura 5.32 e 5.33 ilustram o processo de ressuprimento da matéria prima pelo fornecedor após a disponibilização da caçamba de resíduo pelo cliente.

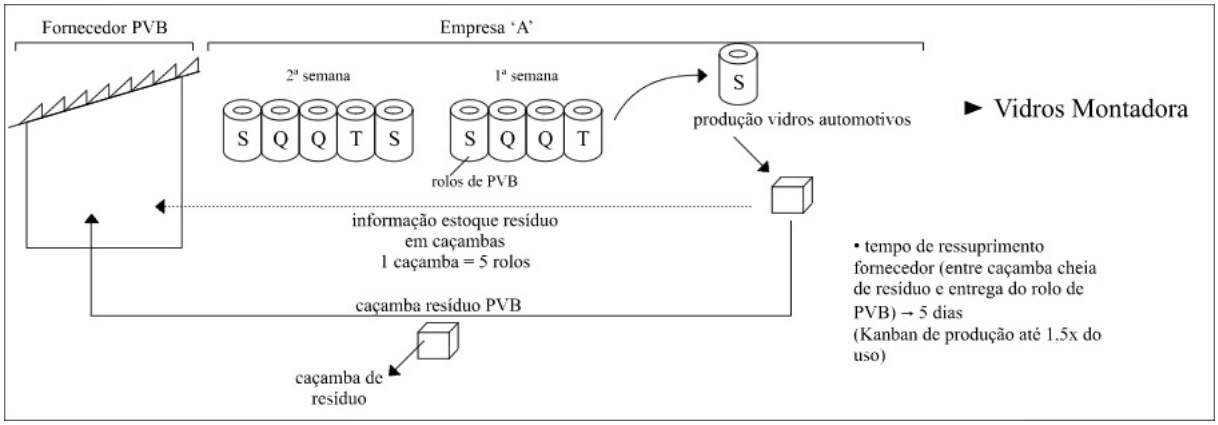


Figura 5.32 – Funcionamento do ECO-Kanban para a Empresa 'A'

A Figura 5.33 ilustra o funcionamento, em detalhe, do Modelo ECO-Kanban.

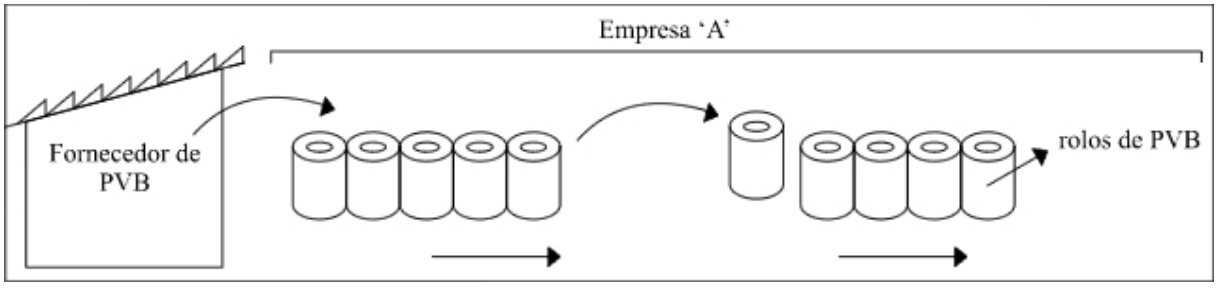


Figura 5.33 – Detalhe do Ressuprimento da Matéria Prima

Embora o teste do modelo tenha sido realizado em uma época atípica, (crise financeira para o mercado mundial - entre final de 2008 e início de 2009), pois foi somente neste momento que a empresa autorizou o teste do modelo, passando inclusive pelo período de férias de final de ano, conseguiu-se um desempenho adequado tanto no momento de aumento quando de diminuição dos volumes de produção.

O ECO-*Kanban* obteve o mesmo desempenho do *Kanban*, já conhecido nos meios de produção. É importante lembrar que quando era utilizado para acionar o fornecedor de matéria prima acionava após a produção do vidro automotivo, com o contenedor cheio de resíduo, e não vazio, como é mandatório no *Kanban* tradicional.

O experimento continuou até o mês de março de 2009, pois os meses anteriores apresentaram-se atípicos por causa do período de final de ano. O quadro *Kanban* passou a ser utilizado como suporte de informações para que o fornecedor programasse seus recursos. Ele

ainda hoje é atualizado, mensalmente, de acordo com o programa da montadora, que é a cliente final da cadeia.

No mês de maio de 2009 foi estabelecido definitivamente o *kanban* com o fornecedor de PVB, e as quantidades enviadas de resíduo passaram a ser exatamente aquelas proporcionais à sua utilização para produção de nova quantidade de matéria prima.

5.2 Empresa 'B': Segmento Montadora de Veículos para o Mercado Nacional

A segunda empresa que autorizou a pesquisa de campo deste trabalho é uma empresa montadora de veículos multinacional, presente no Brasil há pelo menos 50 anos. A planta onde a pesquisa foi realizada produz o veículo de passeio mais vendido no país há muitos anos. Este veículo ainda é produzido em dois modelos: Compacto ou *Hatch* e *Station Wagon*.

O processo produtivo escolhido para o teste do modelo, foi o processo de estamparia, ou seja, conformação das peças em aço, que compõem a parte externa do veículo: laterais, portas, teto, assoalhos, tampas frontal e traseira. A referida empresa já possuía um procedimento para reaproveitamento dos resíduos desta área, que estava também em fase de experimental quando o modelo do ECO-*Kanban* foi testado.

5.2.1 Descrição do Processo Produtivo

A área de estamparia é a primeira área da produção de veículos que é programada. Com base no programa de produção enviado pela área de vendas em conjunto com a área de logística, a matéria prima aço, que é recebida sob forma de *blanks* (chapas pré-cortadas e tratadas), ou sob forma de rolos, é encaminhada para as prensas para que estas executem a conformação. Um veículo é composto de várias peças estampadas (teto, assoalho, portas, laterais, tampa frontal e tampa traseira), com desenho e medidas já definidas. Por este motivo, as peças do veículo são programadas em conjunto, obviamente excetuando-se os volumes em estoque. Quando a matéria prima é recebida em rolos, estes são cortados em placas. Por este motivo o fornecedor em alguns casos já envia as placas cortadas (estes seriam os *blanks).* Tanto rolos quanto *blanks,* também possuem medidas pré-definidas. Sendo assim, as medidas das peças estampadas são ajustadas às medidas das placas de aço pré-cortadas ou não. As

prensas com os moldes instalados, cortam as placas, após submetê-las a um determinado esforço. Estas peças, além de serem cortadas, na medida necessária, são conformadas com reentrâncias e saliências que dão a forma externa ao veículo. A Figura 5.34 mostra as bobinas de aço recebidas e estocadas para a produção das partes externas dos veículos.

Figura 5.34 – Bobinas de Aço para Produção de Peças Estampadas
Fonte – Empresa 'B' – Adaptada pela Autora

A matéria prima de onde se extraem as peças estampadas recebe um tratamento prévio, no fornecedor, para que sejam feitas as partes do veículo. Este tratamento impede que estas placas sofram o mínimo de dano durante o processo produtivo, que é extremamente cuidadoso e minucioso, pois cada uma destas pelas será posteriormente pintada e comporá tanto a parte interna e principalmente a parte externa do veículo. As peças não podem sofrer qualquer tipo de ranhura, caso contrário ficam impossibilitadas ao uso. A conformação e prensagem das peças, assim como a pintura, são etapas importantes do processo produtivo do veículo e quando prejudicados, comprometem sua qualidade visual, sendo um agravante na compra e aceitação do produto pelo cliente final (consumidor).

Quando ocorre a conformação das partes do veículo nas prensas, tanto chapas de aço quanto moldes das partes do veículo diferem em tamanho. A cada corte e conformação, resíduos são gerados. O resíduo destes cortes, parte interna dos furos, ângulos, etc., foram considerados para o teste do modelo. Ou seja, foi exatamente nas atividades para o reaproveitamento deste resíduo que o modelo do ECO-*Kanban*, foi testado. É importante lembrar, que a empresa também estava testando uma forma de reaproveitamento, quando

permitiu que o ECO-*Kanban* fosse testado. O modelo foi agregado a esta prática de reaproveitamento para que fossem observados os resultados na busca de sua aprovação.

Para montagem de um veículo a empresa "B" trabalha com quatro fases distintas cada qual com seu método de produção para atingir melhor produtividade:

- Estamparia: área onde se inicia a conformação das peças através de prensas, fabricando em lotes e também comprando peças estampadas de fornecedores;
- Armação: área responsável por toda armação da carroceria e suas partes móveis (portas e tampas), através da soldagem das peças, onde a prioridade para ganhar produtividade é fazer lotes de veículos iguais;
- Pintura: área onde é realizado todo pré-tratamento da carroçaria que é posteriormente pintada de acordo com o leque de cores de oferta do modelo. A prioridade é pintar os veículos em lotes de acordo com a cor independente do modelo;
- Montagem Final: área na qual são montados todos os acabamentos do veiculo, motor e são realizados os testes finais. Nesta fase, o importante é o balanceamento dos principais acabamentos.

No momento em que as chapas de aço são estampadas, ocorre o corte das partes excedentes. Estas partes são lançadas por uma rampa para dentro de uma embalagem metálica que, quando cheia, é levada para o reaproveitamento. O fornecedor do aço para a estamparia, não é o fornecedor que reutiliza os resíduos. Como os resíduos provenientes deste processo são as partes da chapa de aço, estas partes são novamente configuradas em outras peças estampadas. Os resíduos lançados para dentro de uma embalagem metálica, não servem para a conformação externa, por sofrerem danos que não permitirão que permaneçam visíveis aos olhos dos consumidores. A nova conformação era realizada por outro fornecedor, mas de peças estampadas que são montadas na parte interna do veículo, permanecendo em áreas que não serão diretamente vistas pelos clientes. Das chapas de aço são retirados vários tipos de resíduos, que se repetem a cada corrida de produção. Os resíduos têm tamanhos diferentes, que também se repetem a partir do momento que a mesma peça do veículo é conformada.

Sendo assim, foi possível estabelecer uma relação entre chapa de "aço-resíduo-peça" interna do motor, e se estabelecer uma ação de reaproveitamento.

O quadro 5.2, apresenta algumas peças que são conformadas dentro da montadora (com a notação "M", *make)*, e o valor, em percentual de resíduo gerado. As demais peças têm a notação "B", *buy,* que corresponde a peças compradas direto de fornecedores.

Quadro 5.2 – Partes estampadas e percentuais de resíduo gerado

Peças Estampadas pela montadora			
Item	*Tipo de Peça*	*make (M): buy (B)*	*% Resíduo Gerado*
1	tampa traseira interna	M	25%
2	tampa traseira externa	M	25%
3	lateral direita interna	M	30%
4	lateral direita externa	M	30%
5	tampa dianteira interna	M	6%
6	tampa dianteira externa	M	13&
7	portas - interno	M	30%
8	portas - externo	M	30%
9	teto	B	n/a
10	assoalho - pé	B	n/a
11	assoalho - tunel	B	n/a
12	reforços	B	n/a
13	paralama	B	n/a
14	caixa de roda dianteira	B	n/a
15	caixa de roda traseira	B	n/a
16	longarinas	B	n/a
17	caixa de roda estepe	B	n/a
18	frente - óculos	B	n/a
19	traseira - óculos	B	n/a
20	travessa do teto	B	n/a

Fonte – Empresa 'B'

A Figura 5.35 apresenta a configuração de uma chapa de aço (*blank*), com o desenho dos recortes da estamparia do veículo. Nesta mesma Figura são mostrados os resíduos que são reaproveitados, destacando as medidas e o peso de cada recorte.

As áreas marcadas com ranhuras, mostrada na Figura 5.35, são as áreas correspondentes aos recortes que da peça estampada. Estes recortes são os resíduos que posteriormente foram reaproveitados para a produção da peça interna.

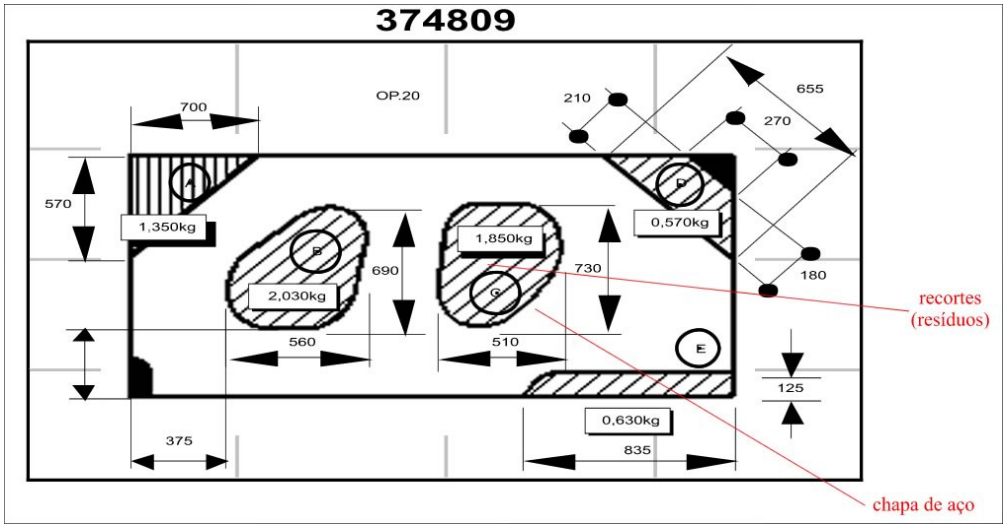


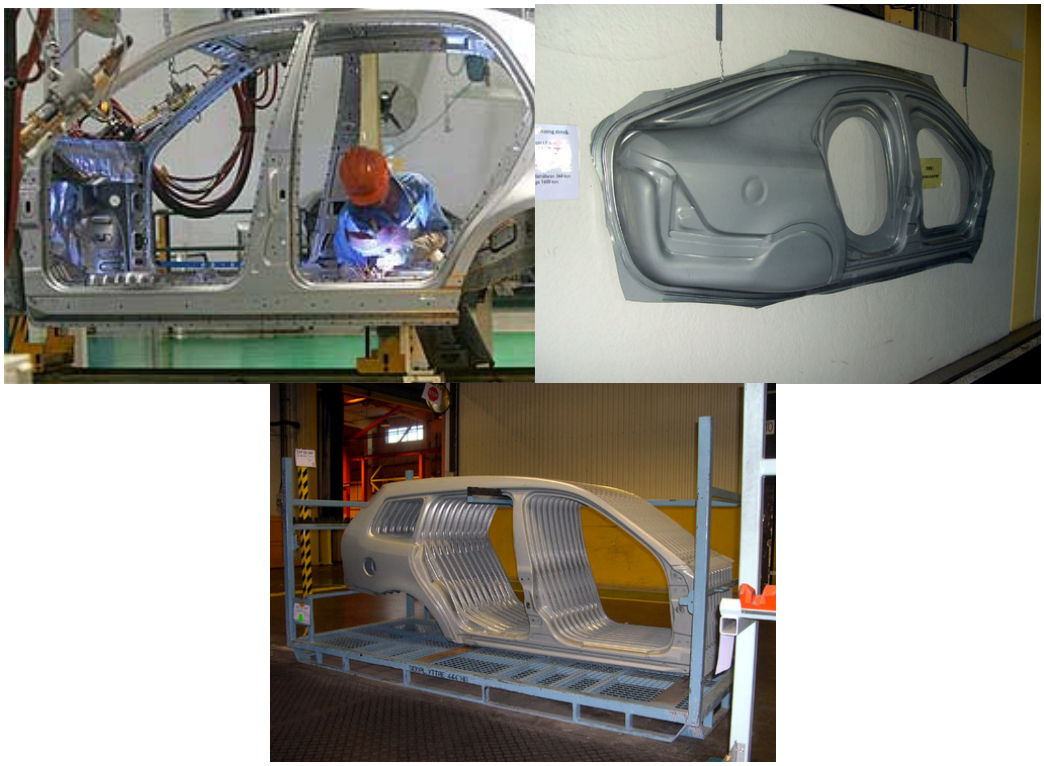
Figura 5.35 – Desenho da Chapa de Aço com Detalhe do Recorte

Fonte – Empresa 'B'

Nas figuras 5.36 à 5.39, pode-se observar a chapa de aço mostrada na Figura 5.5 recortada e posteriormente a mesma peça conformada, já como veículo, sendo então montada na área da armação.

Figura 5.36 – Chapa de Aço Recortada
Fonte – Empresa B - adaptado pela Autora

O mesmo desenho apresentado na Figura 5.32, compõe uma instrução de trabalho sob forma de etiqueta que é afixada à embalagem metálica onde são acondicionados os resíduos. Detalhe desta informação é apresentado na Figura 5.43.



Figuras 5.37, 5.38 e 5.39 – Peças Estampada para a Armação
Fonte – Empresa 'B' - Adaptado pela Autora

O mesmo desenho apresentado na Figura 5.32, compõe uma instrução de trabalho sob forma de etiqueta que é afixada à embalagem metálica onde são acondicionados os resíduos. Detalhe desta informação é apresentado na Figura 5.43.

As prensas são localizadas em um andar térreo, na parte interna do galpão fabril, em uma área específica, devido ao tipo de processo produtivo. As rampas levam os resíduos às embalagens metálicas que permanecem no subsolo desta área de prensas.

A Figura 5.40 mostra esta parte do processo produtivo.

Figura 5.40 – Área de Estamparia com Detalhe da Prensa
Fonte – Empresa'B'

Pode-se observar na Figura 5.40, uma das prensas que executa a conformação das peças dos veículos. Na cor laranja, destacam-se as peças da própria máquina. A peça que se encontra no chão, movimenta-se à medida que as placas são colocadas na maquina. A peça em verde (dentro da máquina) são os moldes que contém o desenho que será conformado na chapa de aço.

A Figura 5.41, mostra o detalhe da rampa por onde o resíduo é lançado para dentro da embalagem metálica, que serve de vasilhame para acondicioná-los. No detalhe da figura, uma esteira metálica, corrediça, por onde desliza a chapa a ser cortada para dar a forma final ao veículo.

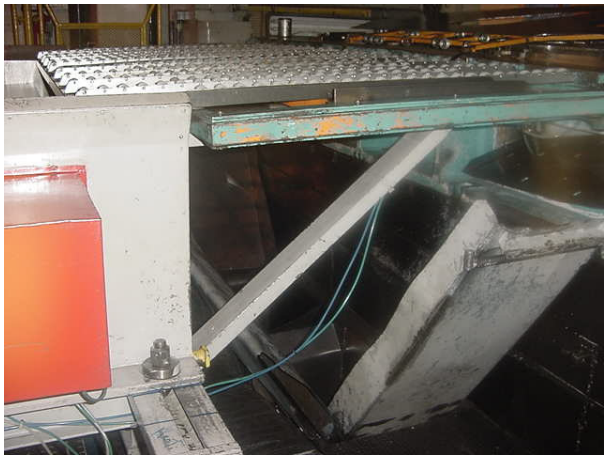


Figura 5.41 – Detalhe da rampa da área de prensas para subsolo
Fonte – Empresa 'B'

A Figura 5.41, mostra o ponto final da rampa. É exatamente nesta embalagem metálica que os resíduos são acondicionados para posterior envio a este segundo fornecedor, para reaproveitamento.

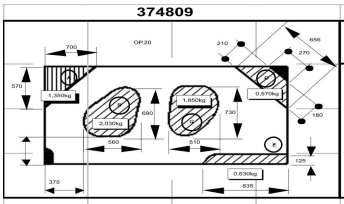
Figura 5.42 – Detalhe da embalagem metálica e rampa no subsolo da área fabril
Fonte – Empresa 'B'

A Figura 5.42, mostra a embalagem metálica com uma etiqueta que contém o desenho da peça com o detalhe da conformação e do volume do resíduo, conforme mencionado anteriormente. Esta etiqueta tem o objetivo de estabelecer uma checagem visual deste fornecedor (da nova peça estampada), de qual parte deverá ser reaproveitada por ele e o resultado de sua produção. Esta etiqueta é então, uma instrução de trabalho, que também permanece exposta na área de resíduos da montadora, para acompanhamento, por parte dos empregados de ambas as empresas. A referida etiqueta é apresentada, em detalhes, na Figura 5.43.

Figura 5.43 – Detalhe da Etiqueta Externa da Embalagem Metálica

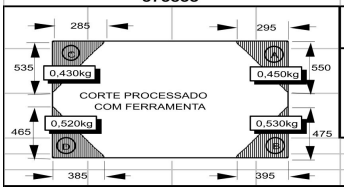
Fonte – Empresa 'B'

374809



Retalho	% DOADA	DESCRIÇÃO	DESENHO	Modelo	Destino	Volume / dia Veículo
B	90%	Complemento do assoalho		Compacto ou Hatch	Fornecedor "1"	750

373833



Retalho	% DOADA	DESCRIÇÃO	DESENHO	Modelo	Destino	
B/D	35%	SUPORTE DO PAINEL DE FECHAMENTO		Hatch e SW	Fornecedor "2"	1050

Figura 5.44 – Etiqueta com Instrução de Trabalho

Fonte – Empresa 'B'

A Figura 5.44 mostra detalhes da chamada 'peça doadora' (chapa de aço), que fornece matéria prima reaproveitável para uma "peça receptora", mesmo que a 'peça doadora' gere mais do que um retalho de resíduo por chapa, para esta nova produção. São conformadas 750 unidades/dia da chapa de aço de código '374809' (peça doadora), do modelo Compacto *ou Hatch* e esta produção gera resíduos para unidades da nova peça conformada, denominada Complemento do Assoalho (peça receptora). A outra chapa de aço de código '373833', que irá ser estampada para formar os 1050 veículos compactos/dia, gera resíduos para a peça receptora Suporte do Painel de Fechamento. Verifica-se ainda que a peça Complemento do Assoalho seja formada por 90% de resíduo proveniente da chapa de aço '374809' e o Suporte do Painel de Fechamento 35% proveniente da chapa de código '373833'. O restante na composição da nova peça é matéria prima virgem adquirida pelo fornecedor 'dois'. É importante lembrar que embora a geração de resíduo seja uma chapa de aço para uma peça

interna, prováveis perdas que aconteçam na hora da geração destes resíduos não interferem no volume de novas peças estampadas a serem produzidas.

O Fluxo do reaproveitamento que passou a ser testado pela montadora, com o modelo ECO-*Kanban* inserido, é apresentado na Figura 5.45.

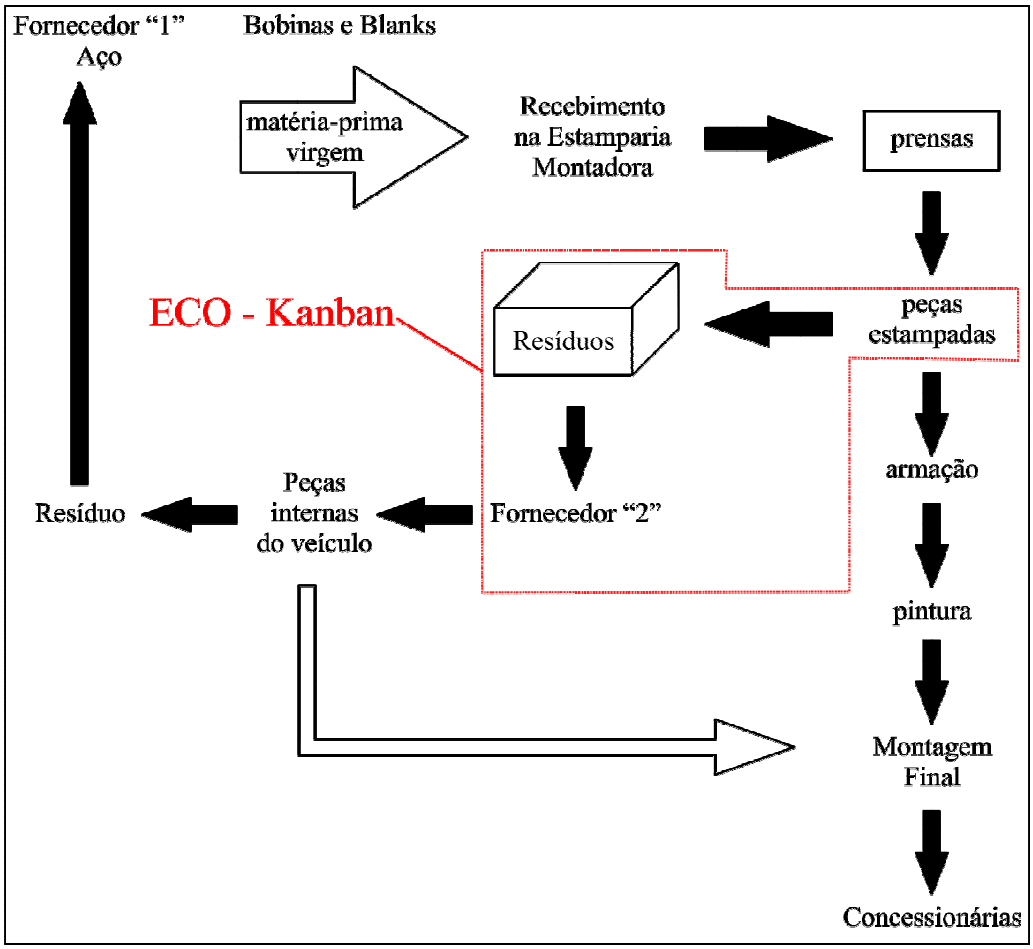


Figura 5.45 – Processo Produtivo da Área da Estamparia com a Inserção do ECO-Kanban
Fonte – Empresa 'B'

Para que o modelo do ECO-*Kanban* fosse testado, foram definidos os participantes das ações de produção e reaproveitamento. São eles:

- Empresa 'B' – a montadora de veículos;
- Fornecedor '1' – o fornecedor de aço em rolos ou em chapas *(blanks)*. É o fornecedor conhecido como Usina de Aço;
- Fornecedor '2' – o fornecedor que reaproveita os resíduos das chapas estampadas e transformadas em peças que compõem a lataria do carro. É o fornecedor da autopeça;

- Peça doadora – como foi chamada a chapa de aço antes de ser estampada, de onde se originaram os retalhos de resíduos;
- Peça receptora (ou peça interna do veículo) - como foi chamada a peça produzida com os resíduos da chapa de aço (peça doadora) no fornecedor dois (autopeça). Conforme apresentado neste estudo de caso, as peças doadoras ou peças internas do veículo eram: complemento do assoalho e suporte do painel de fechamento.

5.2.2 Teste do Modelo ECO-*Kanban*

Uma vez que a empresa em questão já possuía o processo de reaproveitamento idealizado, mas não implementado, o teste do modelo do ECO-*Kanban,* tratou de verificar quais benefícios a sistematização da informação traria para estas mesmas ações de reaproveitamento. È importante identificar os integrantes deste cenário, que fizeram parte deste teste: a montadora, como Empresa 'B'; o fornecedor da matéria prima aço, como fornecedor '1' e o fornecedor da nova peça estampada, fornecedor '2'. A chapa de aço utilizada para a conformação das peças externas do veículo foi chamada de 'peça doadora', e a nova peça, proveniente da conformação do resíduo desta chapa de aço, de 'peça receptora'. A Figura 5.46 mostra a composição dos integrantes presentes nesta segunda empresa pesquisada.

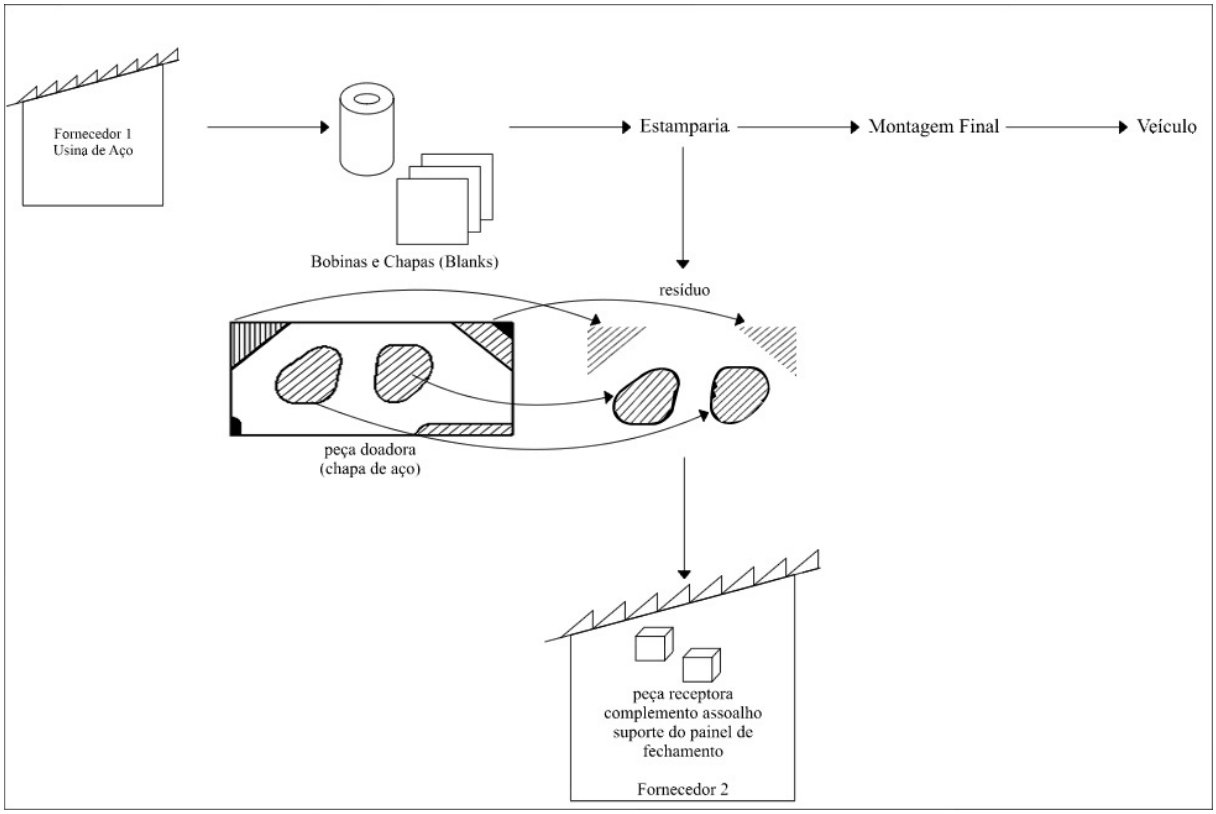


Figura 5.46 – Integrantes Teste do Modelo ECO-Kanban – Empresa 'B'

As principais reclamações da Empresa 'B' e do fornecedor '2' era exatamente a falta de informação para que as ações para o reaproveitamento do resíduo de chapa de aço, culminasse em resultados positivos e concretos. Esta falta de informação causava:

- Excesso de estoque de resíduo na área da expedição e da produção, o que provocava gastos nas ações para gerenciamento de risco e definição de nova disposição dos mesmos;
- Erro no dimensionamento dos veículos que ao trazerem matéria prima, deveriam levar o resíduo para ser reaproveitado no fornecedor '2';
- Reaproveitamento do máximo do resíduo possível pelo fornecedor '2', já que ele reclamava a falta de informação para o planejamento de sua produção e compra de matéria prima virgem do fornecedor '1';
- Repasse nos ganhos na utilização da matéria prima reciclável no preço final da pela interna do veículo, do fornecedor '2' para a Montadora de veículos.

O teste do ECO-Kanban procurou direcionar a coleta de dados nestes pontos considerados importantes para ambas as empresas.

As informações obtidas na pesquisa de campo, de acordo com o Roteiro de Pesquisa, foram as seguintes:

A. Gerenciamento de Resíduos

O resíduo escolhido para o teste do modelo do ECO-*Kanban*, foi o resíduo de aço, gerado na área da estamparia. A apresentação do processo produtivo onde ele é gerado foi mostrada anteriormente. Mesmo antes do teste do modelo, a empresa já possuía iniciativas de reaproveitamento deste resíduo, mas as ações eram totalmente desencontradas e não uniformes. A documentação presente na área de expedição mostrava que na maioria das vezes o fornecedor trazia matéria prima, e não retirava as caçambas com resíduo. Outras vezes, o veículo utilizado, não comportava todo o volume disponível para ser retirado. Acidentes envolvendo trabalhadores da Empresa 'B' durante a movimentação do resíduo já haviam ocorrido e isto agravava mais ainda a situação.

Havia algumas ações que tentava utilizar o resíduo, como matéria prima pelo fornecedor de outra peça produtiva. Havia um procedimento formal elaborado, mas que não conseguia ser efetivado. Isto pode ser comprovado observando-se as Figuras que foram apresentadas anteriormente, extraídas dos documentos da própria Empresa 'B', pesquisada. A Empresa 'B'e o Fornecedor '2' procuravam sempre que possível trabalhar conforme o procedimento de reaproveitamento estabelecido, mas ainda encontravam divergências quanto às informações para reaproveitamento e ocorriam falhas operacionais nas atividades de movimentação e transporte. Os ganhos com o novo processo não podiam ser considerados de maneira oficial, pois as falhas operacionais levavam a gastos que impediam a oficialização da nova atividade, como por exemplo, gastos com a definição de nova disposição do resíduo uma vez que o fornecedor não havia retirado o montante acordado.

Embora já existisse a idéia de reaproveitamento, as empresas possuíam as informações, mas não as trocavam de forma sistematizada, ou seja, com a freqüência que permitisse utilizar as informações para planejamento, em um sistema informatizado colaborativo. Isto causava um grande acúmulo de caçambas metálicas na área da produção (na área do subsolo) assim como na área de refugo. Com isto, a Empresa 'B' nem sempre direcionava seus esforços neste processo, procurando dispor dos resíduos de qualquer outra forma. Por sua vez, o Fornecedor '2', não se esforçava por retirar o resíduo. As condições deveriam ser muito propícias para que ele retirasse o material: sobra de tempo e outros recursos. E isto era praticamente impossível. Como ele não tinha as informações suficientes para programar-se, sempre preferia adquirir a matéria prima virgem, advinda do Fornecedor '1'. Isto tornava o ideal de reaproveitamento cada dia mais distante, difícil e oneroso.

Após o teste do modelo ECO-*Kanban*, o fornecedor passou a retirar todo o resíduo da área de produção e como as quantidades eram proporcionais, passou a produzir as novas pelas internas estampadas com o resíduo retirado.

B. Sistemas de Informação para Planejamento

- A Empresa 'B' possuía um sistema formal de planejamento, programação e controle da produção (PPCP) robusto e complexo. Havia uma estrutura formal de uso tanto da peça produzida na montadora quanto da peça produzida no Fornecedor '2'. Ambos possuíam uma forma adequada de troca de informações para programação e planejamento, mas, este sistema ainda não possuía dados sobre o resíduo, e seu reaproveitamento. Problemas impactavam na obtenção, controle e utilização das informações sobre resíduos na Empresa 'B'. Alguns deles eram:
- A freqüência de retirada do resíduo não era a mesma da geração do resíduo. O resíduo era gerado a cada três dias, e retirado somente quando o fornecedor planejava-se para isto. O planejamento do fornecedor dependia da informação do volume disponível para reaproveitamento. A falta deste ajuste fazia com que além de prejudicada a programação do Fornecedor '2', outros problemas como grandes estoques do resíduo, oneravam Empresa 'B';
- A falta das informações para a programação da produção no Fornecedor'2 '(informações do tipo: quantidade gerada e quantidade disponível de resíduo para ser retirado), fazia com que ele sempre optasse pela compra de matéria prima virgem. Conseqüentemente os patamares das reduções de custo previstas não eram alcançados, fato este que tanto Fornecedor '2'quanto a Empresa 'B' eram constantemente cobrados. Esperava-se que algum percentual de redução na compra da peça interna do veículo, resultado do reaproveitamento do resíduo de chapas de aço, pudesse dar uma redução de 2,5 a 5% no valor de compra pela Montadora.

C. Sistema de Informação Colaborativo

A Montadora dispunha de sistemas de informação colaborativos com quase todos seus fornecedores. Este sistema estava apto a trocar informações sobre volumes de programação e entregas de qualquer tipo de material, mas ainda não dispunha de uma arquitetura desenhada para trabalhar com as informações sobre resíduos (telas do software e campos nestas telas que recebessem e processassem as informações sobre resíduos). Nenhum sistema colaborativo, com nenhum fornecedor, utilizava as informações sobre resíduos para programação ou qualquer outra ação. A etiqueta externa da caçamba metálica que estocava os resíduos era a

única forma de troca de informação, neste caso. A referida etiqueta pôde ser vista na Figura 5.42 e seu detalhamento na Figura 5.43.

Após o teste do modelo do ECO-*Kanban,* criou-se uma sistematização da informação desta etiqueta. Como ela era padrão não foi difícil para o Fornecedor '2', memorizar suas informações. Outros dados sobre geração e volume do resíduo eram passados, pela área de PPCP, na programação dos veículos e pelas caçambas metálicas que funcionavam como um *Kanban* de resíduos como ordem de produção de peças internas dos veículos.

D. Utilização do *Kanban*

A Montadora utilizava na prática todos os conceitos do *Lean Manufacturing*. Procurava implementar com bastante freqüência novas práticas e juntamente com seus fornecedores procurava ser *benchmarking* em seu segmento, no Brasil e no mundo. Estas informações puderam ser confirmadas observando-se controles existentes dentro da empresa, que infelizmente não puderam ser fotografados.

O modelo ECO-*Kanban* foi testado enquanto a Empresa B produzia 1050 carros/dia, nos três turnos de trabalho. Cada chapa de aço resultava em uma determinada nova peça estampada. O resíduo resultante da estamparia das partes de um determinado veículo seria reutilizado para a produção das peças internas deste mesmo modelo de veículo, na mesma quantidade inclusive. Para o teste do Modelo ECO-*Kanban*, foi utilizada a peça Complemento do Assoalho.

O Quadro 5.3, apresenta os volumes de produção dos dois tipos de veículos onde foram utilizadas as peças estampadas e dos demais, onde foram montadas as partes internas conformadas pelo Fornecedor '2'.

Quadro 5.3 – Peças Estampadas Externas x Peças Estampadas Internas

Peça Doadora	Modelo Veículo	Produção/ Dia Veículo	Peça Receptora	Volume Resíduo para Pç Receptora	Veículo Peça Receptora	Volume/ Dia Veículo Pç Receptora
374 809 Chapa Aço para Conformação Produz para Compacto ou *Hatch*	*Hatch*	750	Complemento Assoalho	750	*Hatch*	750
373 833 Chapa Aço para Conformação Produz para *SW e Hatch*	Hatch SW	1050	Suporte Painel de Fechamento	1050	*Hatch SW*	1050

Fonte – Empresa 'B' – Adaptado pela Autora

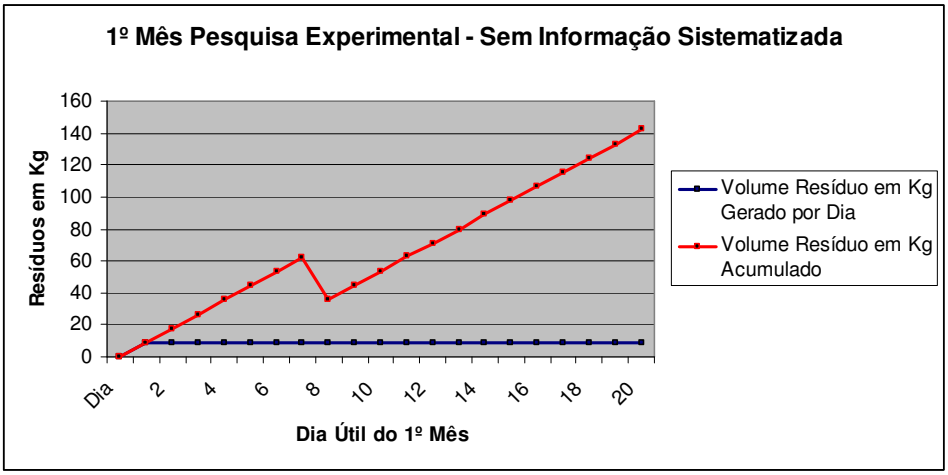
O resultado quantitativo simples, da pesquisa experimental, considerou os ganhos obtidos com a sistematização da informação. Os ganhos apresentados foram ganhos objetivos

que puderam ser mensurados antes e durante e depois da fase experimental. Os dados apresentados mostram as informações obtidas com teste do modelo de sistematização da informação do resíduo por meio do modelo ECO-*Kanban.* Cada um dos tópicos apontados está relacionado com as principais reclamações das empresas envolvidas, mostradas anteriormente.

- **Volume de Resíduo, em Kg que permaneceu na área da produção**

No primeiro mês da pesquisa experimental, como ainda não havia a troca sistematizada de informação, grande parte do volume de resíduo gerado permaneceu estocado na montadora. Isto pode ser observado no Gráfico 5.1 Conclui-se com este gráfico que ainda o fornecedor '2' não conseguia planejar a retirada do resíduo pela falta de informações que o ajudassem a programar sua produção e a otimização do veículo para este fim.

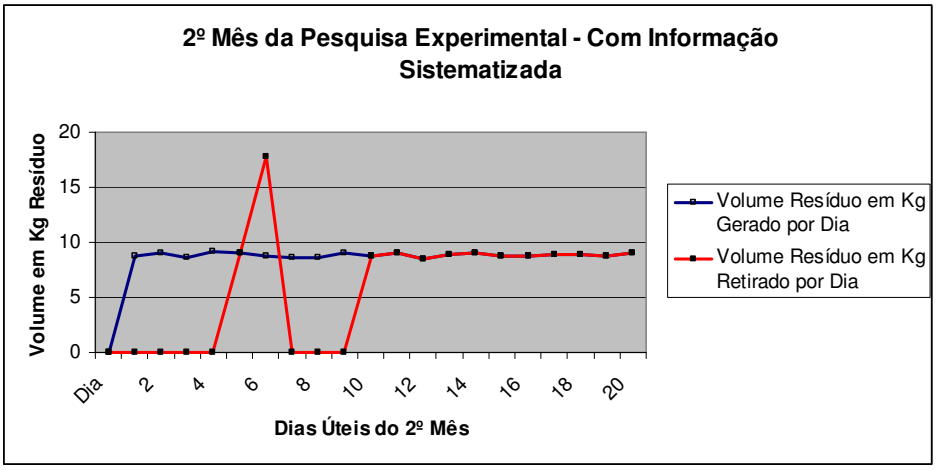
Gráfico 5.1 – Volume de Resíduo Gerado Estocado na Área da Produção- 1º Mês da Pesquisa Experimental



Fonte – Empresa 'B' - Adaptado pela Autora

Analisando os meses seguintes, quando a informação sistematizada foi inserida, verificou-se os resultados apresentados nos gráficos 5.2 e 5.3.

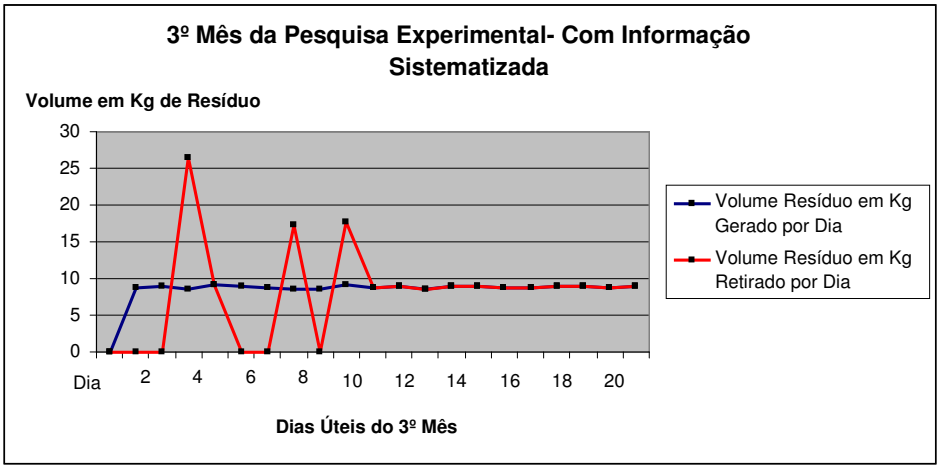
Gráfico 5.2 – Volume de Resíduo Gerado Estocado na Área da Produção- 2º Mês da Pesquisa Experimental



Fonte – Empresa 'B' - Adaptado pela Autora

Como o fornecedor '2', passou a dar um destino adequado ao resíduo, ele passou a retirá-lo com mais freqüência, num esforço de concretizar a utilização deste modelo de reaproveitamento. A partir do terceiro mês da pesquisa experimental com o modelo, foi obtido o seguinte resultado, mostrado no Gráfico 5.3.

Gráfico 5.3 – Volume de Resíduo Gerado Estocado na Área da Produção- 3º Mês da Pesquisa Experimental

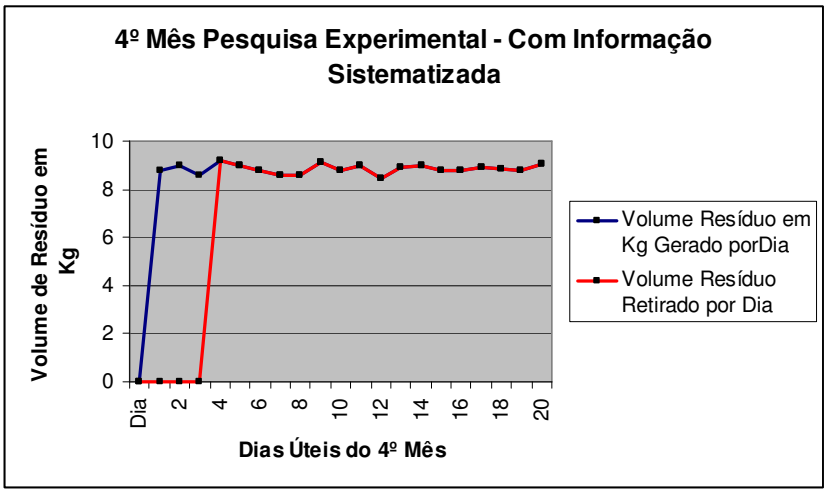


Fonte – Empresa 'B' -Adaptado pela Autora

Uma vez iniciada a retirada e reutilização do resíduo, ambas as empresas se sentiram mais seguras em dar andamento ao processo, e com maior freqüência o resíduo gerado passou a ser retirado, mas não na mesma freqüência da entrega da peça interna do veículo.

No quarto mês da pesquisa experimental, obteve-se um considerável volume de resíduo retirado diariamente, conforme mostrado no gráfico 5.4. Os dados mostrados nos gráficos foram obtidos nas anotações realizadas pela empresa, durante o teste do modelo.

Gráfico 5.4 – Volume de Resíduo Gerado Estocado na Área da Produção- 4º Mês da Pesquisa Experimental



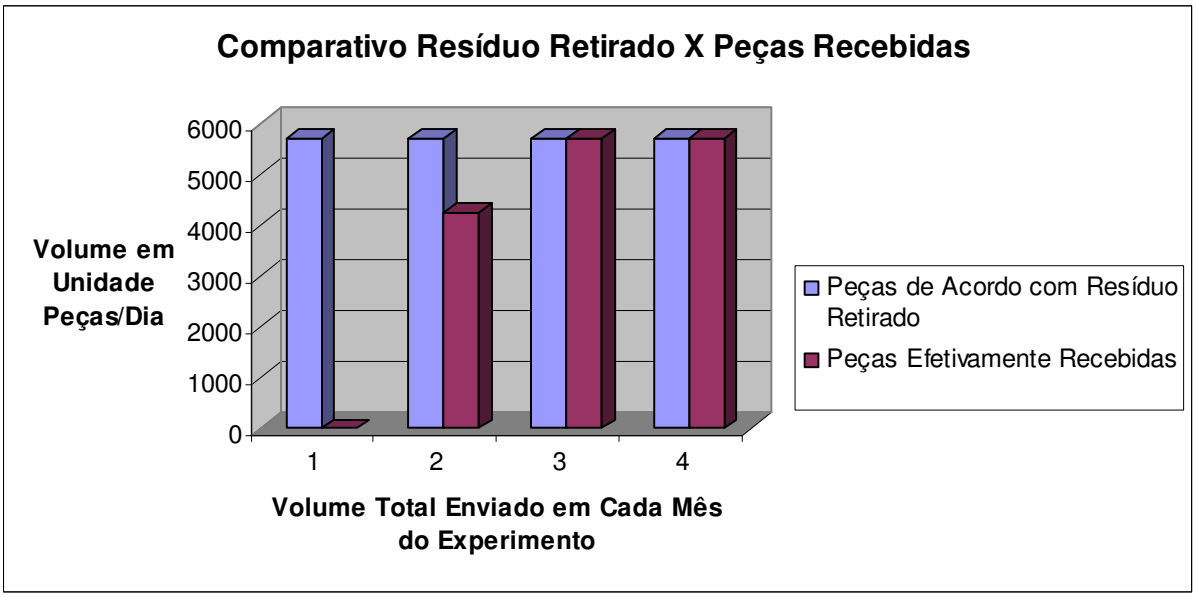
Fonte – Empresa 'B' -Adaptado pela Autora

- **Percentual de reaproveitamento dos resíduos na produção das peças internas do veículo pelo Fornecedor '2'**

O Gráfico 5.5 mostra de forma resumida, as quantidades entregues em cada mês do experimento. Considerando-se a peça interna produzida pelo Fornecedor '2', o resíduo gerado e retirado por ele serviria para produzir 750 peças/dia, de acordo com os estudos apresentados. O fornecedor nada entregou no primeiro mês, pois pouco retirou do resíduo que estava estocado na montadora. A partir do segundo mês do experimento, as quantidades foram aumentando, até a retirada de todo o resíduo gerado. Alguns ajustes precisaram ser feitos na produção do fornecedor, para que fosse garantido o retorno em peças "Complemento do Assoalho", na quantidade total proporcional do resíduo retirado, ou seja, 100%%. Com o procedimento de reaproveitamento implantado, o fornecedor '2' retirava todo o resíduo, produzia as peças internas e posteriormente entregava-as para atender a montagem destas peças no modelo do veículo de onde o resíduo havia sido gerado. A Montadora não dispunha de um sistema de rastreabilidade que pudesse garantir que a peça interna oriunda de um determinado resíduo fosse colocada exatamente no veículo que havia gerado aquele resíduo. Verificou-se que isto não era necessário, pois o fornecedor das peças internas era fornecedor

único e estas peças eram utilizadas somente naquele modelo de veículo. Apresenta-se então, o Gráfico 5.5.

Gráfico 5.5 – Utilização de Resíduo na Fabricação das Peças



Fonte – Empresa 'B' -Adaptado pela Autora

- **Redução do preço final das novas peças estampadas (em percentual de valor monetário)**

A Montadora garantiu que o ganho negociado com o fornecedor foi repassado ao seu preço de venda, das novas peças produzidas com resíduo das chapas de aço. Mas, não disponibilizou este dado para a referida pesquisa.

- ***Kanban* de Peças Internas**

Como a área da estamparia produzia em lotes e a cada 50 'peças doadoras' estampadas enchia-se uma caçamba metálica, a Empresa 'B' passou a informar ao Fornecedor '2' o estoque de caçambas cheias de resíduos presentes em sua área produtiva.

Assim que o montante de caçambas era retirado, quando o Fornecedor '2' entregava as peças novas, este recompunha sempre que necessário o estoque de segurança das peças internas. O Fornecedor '2' possuía um *lead time* máximo de 15 dias corridos entre a retirada do resíduo e a entrega de novas peças, mas sempre conseguia entregar com um pouco de antecedência. O lote de produção das peças que compunham a lataria do veículo nunca era inferior a 750 ou 1050 unidades, respeitando o tipo de peça produzida. Quando havia diminuição da demanda, a freqüência de produção dos lotes diminuía, acontecendo o

contrário quando do aumento da demanda. A produção das peças internas na reutilização dos resíduos funcionava da mesma forma.

A Tabela 5.3 mostra os dados gerados para o planejamento da produção das peças internas do veículo para o reaproveitamento destes resíduos.

Tabela 5.3 – Dados para Programação da Produção de Peças Reaproveitadas

	1º Mês	2º Mês	3º Mês	4º Mês
Totais Peças Estampadas Produzidas por Dia	750	750	750	750
Totais Caçambas de Resíduo Geradas por Dia	15	15	15	15
Total de Peças Complemento do Assoalho possíveis de serem produzidas	750	750	750	750
Tempo de Ressuprimento Total (semanas)	2	2	2	2
Total do Estoque de Segurança Complemento Assoalho (em semanas)	3	3	3	3
Total do Estoque de Segurança Complemento Assoalho (em peças)	11250	11250	11250	11250
Estoque de segurança em caçambas de resíduos	225	225	225	225

Fonte – Empresa 'B' – Adaptado pela Autora

- **Informações sobre descontrole do processo produtivo de peças na armação**

Após o teste do ECO-*Kanban,* tornou-se visível tanto para a Empresa 'B', quando da geração de resíduo por algum erro no processo produtivo da estamparia. Estas caçambas não recebiam a etiqueta de identificação, não sendo encaminhadas para a área de expedição da empresa, para serem retiradas pelo Fornecedor '2'. Antes do teste do modelo, as caçambas de resíduo se misturavam na área da produção, evitando algumas vezes, que medidas corretivas fossem tomadas rapidamente. As Figuras 5.47 e 5.48 apresentam o ECO-*Kanban* aplicado à Empresa 'B' e seus fornecedores.

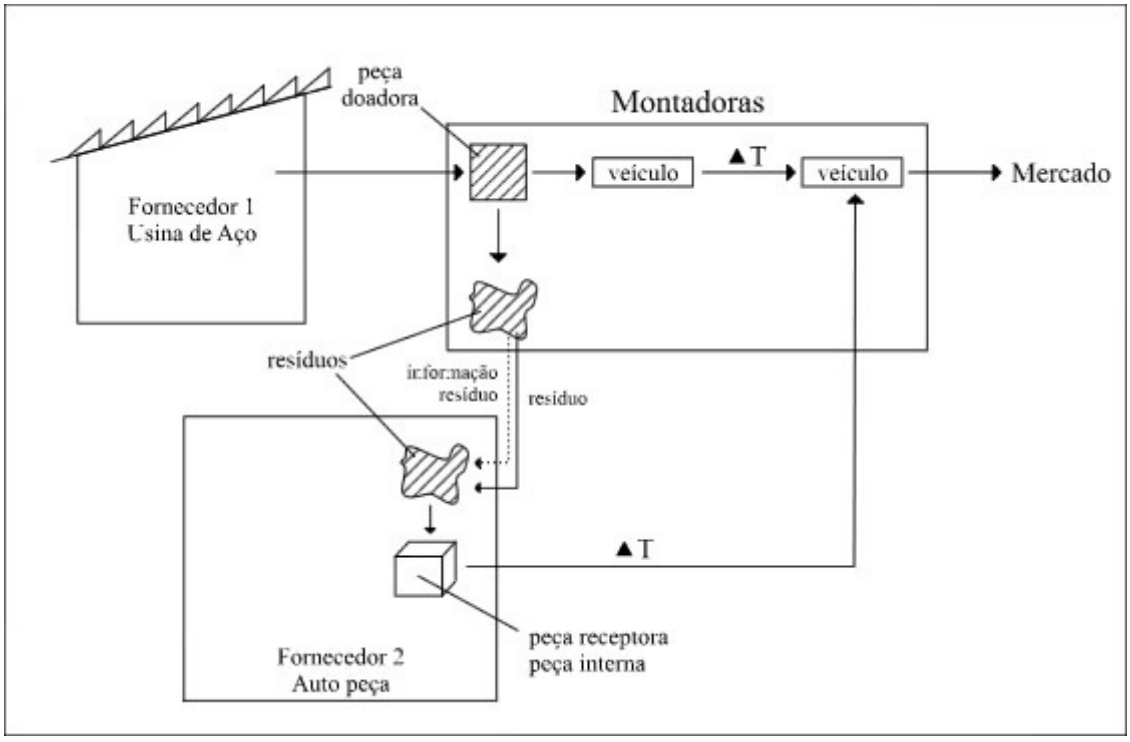


Figura 5.47 – Modelo Ilustrativo ECO-*Kanban* - Empresa 'B' e seus Fornecedores

As Figuras 5.48 e 5.49 apresentam o modelo tradicional do ECO-*Kanban* adaptado à Empresa 'B'. Detalhe para o fluxo de informação que envolve mais de dois integrantes da cadeia.

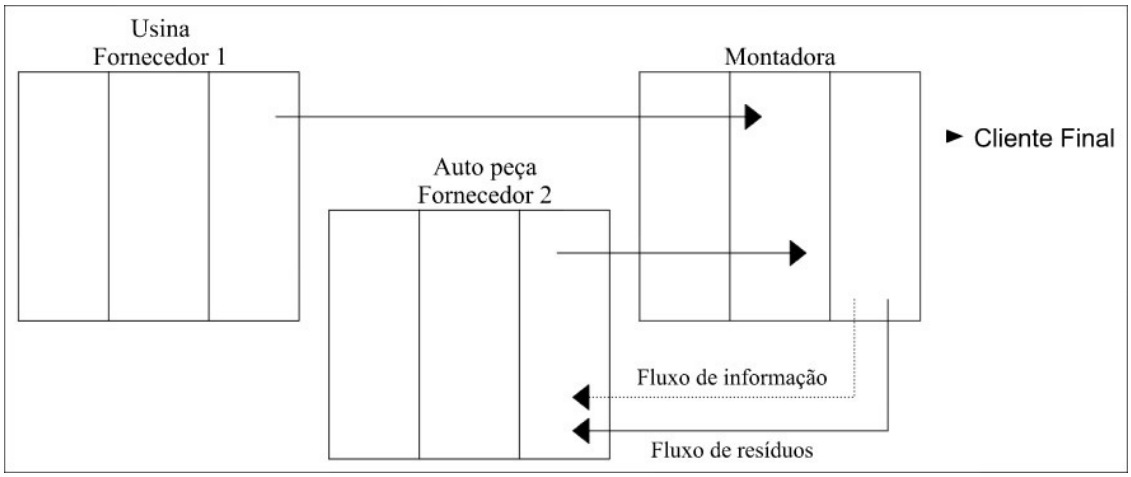


Figura 5.48 – Detalhe do Modelo ECO-*Kanban* – Empresa 'B'

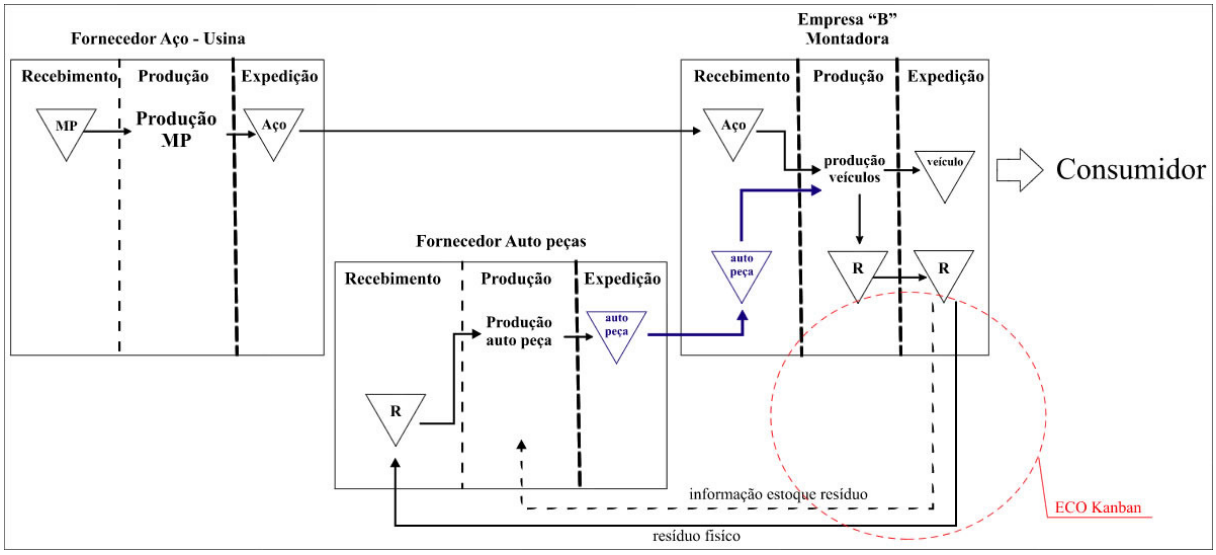


Figura 5.49 – ECO-*Kanban* adaptado à Montadora e seus Fornecedores

5.3 – Empresa 'C' - Segmento Mecânica Pesada

A terceira empresa, definida para a pesquisa deste trabalho, ora denominada como Empresa 'C', possui uma comprovada experiência na área de produção de peças para a indústria pesada, e é considerada uma dos maiores fabricantes de turbinas hidráulicas, geradores, equipamentos hidromecânicos e de levantamento, sistemas de regulação e monitoramento para turbinas, do mundo, posição alcançada devido à busca permanente e determinada da plena satisfação de seus clientes.

Com mais de 53 anos de experiência em projeto, fabricação, comercialização e pós-venda, a referida empresa já produziu equipamentos para Grandes Centrais Hidrelétricas (GCH) e também para Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), e atualmente é líder no consórcio de fornecedores de equipamentos eletromecânicos para a construção de um grande Complexo Hidrelétrico em Porto Velho, Rondônia. A Empresa 'C' possui recursos e instalações que permitem produzir turbinas hidráulicas de até 750MW e ainda equipamentos de caldeiraria pesada, estando habilitada a fabricar elementos soldados e usinados com até 3.000 toneladas de peso unitário. Para tanto está equipada com modernas máquinas de oxicorte, calandra, fornos, prensas, soldas e pontes rolantes, podendo usinar equipamentos para os mais diversos setores.

A empresa caracteriza-se pelo ramo de mecânica pesada, formado basicamente por quatro grandes blocos produtivos: caldeiraria, usinagem, montagem e pintura, que trabalham

sincronizados de maneira a obter os melhores resultados em produtividade. Outra característica relevante da empresa é que está inserida em um ambiente de engenharia de projetos e ciclo produtivo longo, com demandas sob medida. Essa extensão da produção se deve a complexidade do processo de fabricação destes tipos de equipamentos aliado à enorme estrutura civil que é exigida para seu funcionamento.

No Brasil, a Empresa 'C' é líder como fornecedora de equipamentos e serviços para usinas hidrelétricas e termelétricas, respondendo por mais de 60% da capacidade instalada**.** Além disso, fornece equipamentos e serviços para pequenas usinas hidrelétricas no país**,** com presença em mais de 80% dos maiores projetos do Brasil. No segmento termelétrico, a Empresa é fornecedora das principais usinas de energia instaladas no Brasil -- Termo Bahia e Termo rio**.** A Empresa 'C' ainda oferece produtos e serviços de última geração setor de transportes ferroviários para quatro tipos diferentes de clientes: autoridades e operadoras de transportes urbanos, operadoras ferroviárias intermunicipais de carga e passageiros, proprietários de infra-estrutura e material rodante. A atividade da empresa no setor ferroviário faz com que ela: participe do desenvolvimento do transporte ferroviário de massa e carga no Brasil e no mundo, contribua ativamente para a expansão sustentada das grandes metrópoles e, antecipe tendências, oferecendo soluções inovadoras.

Embora esta empresa não possuísse o seu processo produtivo cadenciado, seqüencial conforme as duas empresas dos estudos de casos apresentados até o momento, esta empresa foi definida para a pesquisa pelo grande volume de resíduo gerado em cada projeto que ela executa. As peças produzidas por ela chegam a pesar toneladas, e o que é movimentado em cada produção monopoliza uma grande quantidade de recursos tanto no começo, durante e depois de realizada. As Figuras 5.50, 5.51 e 5.52, mostram algumas das peças produzidas pela empresa.

A Figura 5.51 mostra a peça produzida pela Empresa 'C', sendo transportada para o local de uso.

Figura 5.50 e 5.51 – Distribuidores e Painel de Comporta respectivamente
Fonte – Empresa 'C'

A Figura 5.52 mostra um rotor, onde na parte superior destacam-se as pás que movimentam a água para a geração de energia nas usinas hidrelétricas. O resíduo utilizado para o teste do Modelo ECO-*Kanban*, é oriundo da usinagem destas pás.

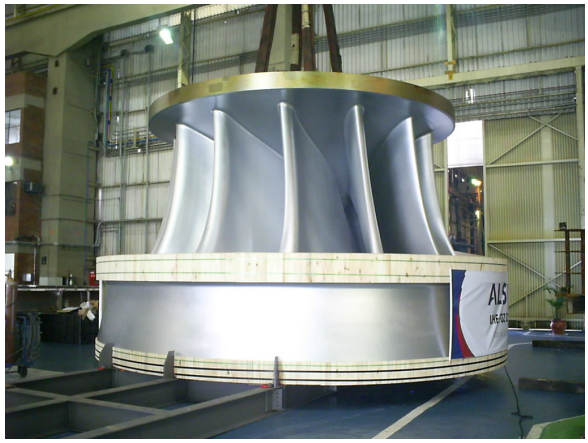


Figura 5.52 – Rotor Foz do Chapecó
Fonte – Empresa 'C'

O processo da Empresa 'C' era realizado por máquinas que executavam operações essencialmente elétricas. Esta área da fábrica é conhecida como 'Fábrica Elétrica' e as máquinas que realizam operações mecânicas, estão na chamada "Fábrica Mecânica". Esta classificação é oriunda da própria empresa. São vários processos, vários produtos e vários tipos de resíduos inerentes à produção, inclusive resíduos das próprias máquinas. Cada um

destes resíduos recebe um destino diferente, mas todos iniciam seu processo de vendas por meio da 'Carta Convite' o que dificulta uma adequada disponibilidade do resíduo com relação ao tempo.

Os tipos de resíduos encontrados eram:

- Fábrica Elétrica: resíduos de corte de chapas de aço, da produção do corte a laser e estamparia, cortes de aço e cobre extraído do ajuste de comprimento de fios, perfil de cobre resultante da compactação de bobinas.
- Fábrica Mecânica: corte de chapas de aço carbono e aço comum, cavaco da usinagem de aço comum, aço carbono e aço inox, brocas, lixas, arames de solda, da área de ferramentaria, buchas de bronze, além de latas de tinta e outros resíduos resultantes de reparos, retrabalhos, operações de jateamento e pintura.
- Não foram considerados resíduos inerentes de produtos de uso comum, matérias de estoque livre, resíduos de terceiros e provenientes de outras operações.

O modelo de aprovação para venda e reaproveitamento externo destes resíduos é demorado e muitas vezes avaliado como ineficiente pela empresa. Todo projeto, pode gerar desde unidades de kg de resíduos, até toneladas. Em geral, grandes projetos, demandam uma grande quantidade de resíduos que nunca é inferior a duas toneladas.

A Empresa 'C', não possuía uma disposição adequada dos resíduos. Não havia qualquer troca de informação dela com seus fornecedores, envolvimento com o reaproveitamento nem qualquer troca de informação colaborativa entre os membros da cadeia. O próprio processo de disponibilização dos resíduos era realizado por pessoas diferentes dos empregados da área fabril. O modelo ECO-*Kanban,* inicialmente, poderia incrementar as ações de reaproveitamento.

O processo produtivo escolhido para o teste do modelo do ECO-*Kanban* foi o processo de usinagem das pás dos rotores, peça mostrada na Figura 5.26. Todos os projetos possuem rotores. Todos os rotores possuem pás, e a quantidade pode variar entre cinco, sete ou nove pás por rotor, sempre em número ímpar. Exceto obras de pequeno porte e manutenção não produziam este tipo de componente da peça. Todos os projetos mencionados neste trabalho produziram este tipo de peça.

As peças produzidas pela empresa eram feitas, em sua maioria, em aço. A empresa recebia a peça bruta e seguia usinando-a até a obtenção do formato correto. Peças que tinham contato direto com a água, eram feitas em aço inox. É o caso da peça da Figura 5.26. As

peças possuíam pás que deviam receber a água que deveriam movimentá-las, no objetivo de geração de energia.

São apresentadas, então, as Figuras que mostram como é realizado o processo produtivo considerado no teste do modelo. É importante lembrar que as figuras foram tiradas durante o teste do modelo. Serão observadas ações que já estavam sendo executadas com este fim.

Figuras 5.53 e 5.54 – Pá em aço inox sob forma bruta recebida na empresa.
Fonte – Empresa 'C'

As Figuras 5.53 e 5.54 mostram as pás recebidas pela Empresa 'C', no início do projeto. Elas chegavam do fornecedor sob formas brutas e já marcadas com a programação da usinagem. Esta programação era inserida no computador da máquina pelo próprio operador que iria realizar o trabalho de usinagem.

Figuras 5.55 e 5.56 – Pá bruta na área produtiva
Fonte – Empresa 'C'

De acordo com o cronograma do projeto, a peça era levada para a área produtiva para ser usinada. As Figuras 5.55 e 5.56 apresentam a peça estocada na área de produção próxima a maquina de usinagem.

As Figuras 5.57 e 5.58 mostram a em primeiro plano, uma embalagem metálica (caçamba metálica), onde o resíduo da usinagem (cavaco) era colocado, e ao fundo, a peça posicionada na maquina, sendo usinada. O braço da máquina, que também pode ser visto ao fundo, realiza esta operação.

Figuras 5.57 e 5.58 – Caçamba com Cavaco - Pá sendo usinada ao fundo.

Fonte – Empresa 'C'

As Figuras 5.59 e 5.60 mostram as embalagens metálicas já com quantidades suficientes do resíduo, já retiradas da área produtiva. Nota-se uma faixa vermelha pintada internamente, próxima à borda da embalagem.

Figuras 5.59 e 5.60 – Embalagens Metálicas com Resíduo

Fonte – Empresa 'C'

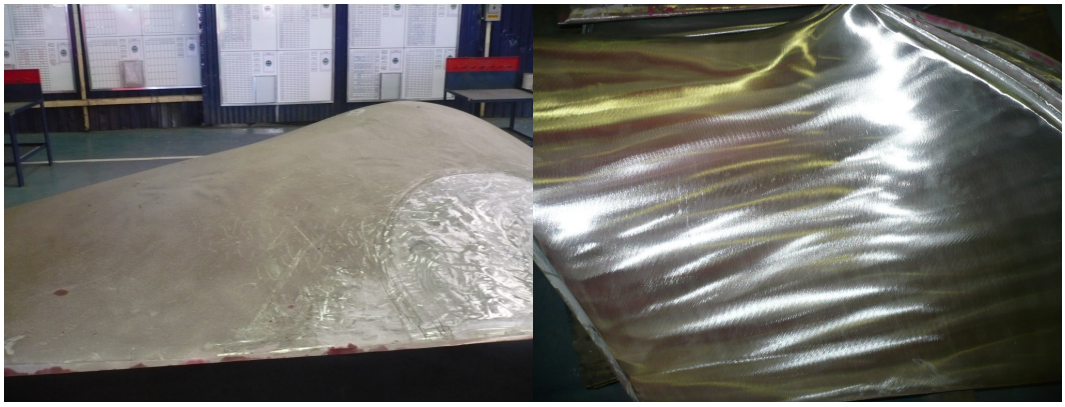
A Figura 5.61, apresenta o detalhe da pintura interna da embalagem metálica. È a caçamba já preparada para o teste do modelo.

Figura 5.61 – Embalagem Metálica pintada para o ECO-*Kanban*
Fonte – Empresa 'C'

A Figura 5.62 mostra em detalhe a caçamba onde o resíduo era colocado para posterior transbordo para uma caçamba maior. Esta caçamba maior era sempre retirada pelo fornecedor que reaproveitava o resíduo e também estava pintada internamente nas três cores do *Kanban*: verde, amarela e vermelha.

Figura 5.62 – Caçamba Metálica de Maior Dimensão Utilizada para a Retirada do Resíduo
Fonte – Empresa 'C'

A figura 5.63 mostra a pá parcialmente pronta. Na figura 5.64, vê-se o detalhe da superfície usinada.



Figuras 5.63 e 5.64 – Pás Semi Prontas

Fonte - Empresa 'C'

Após a usinagem, há a necessidade de ser lixada, o que torna sua superfície mais lisa, sem a presença das reentrâncias mostradas na Figura 5.64. A figura 5.65 mostra esta parte do processo.

Figura 5.65 – Pá Usinada sendo Lixada para Correção das Imperfeições

Fonte –Empresa 'C'

Após isto, a pá para o rotor está finalizada. Cada uma das pás irá ser produzida de maneira semelhante. O volume de cavaco gerado, no total, pode chegar a 3,6 toneladas para um rotor com nove pás, ou seja, 60 caçambas de 60 Kg cada uma, 400 kg de cavaco por pá (números relativos).

A Figura 5.66 apresenta o esquema do processo produtivo.

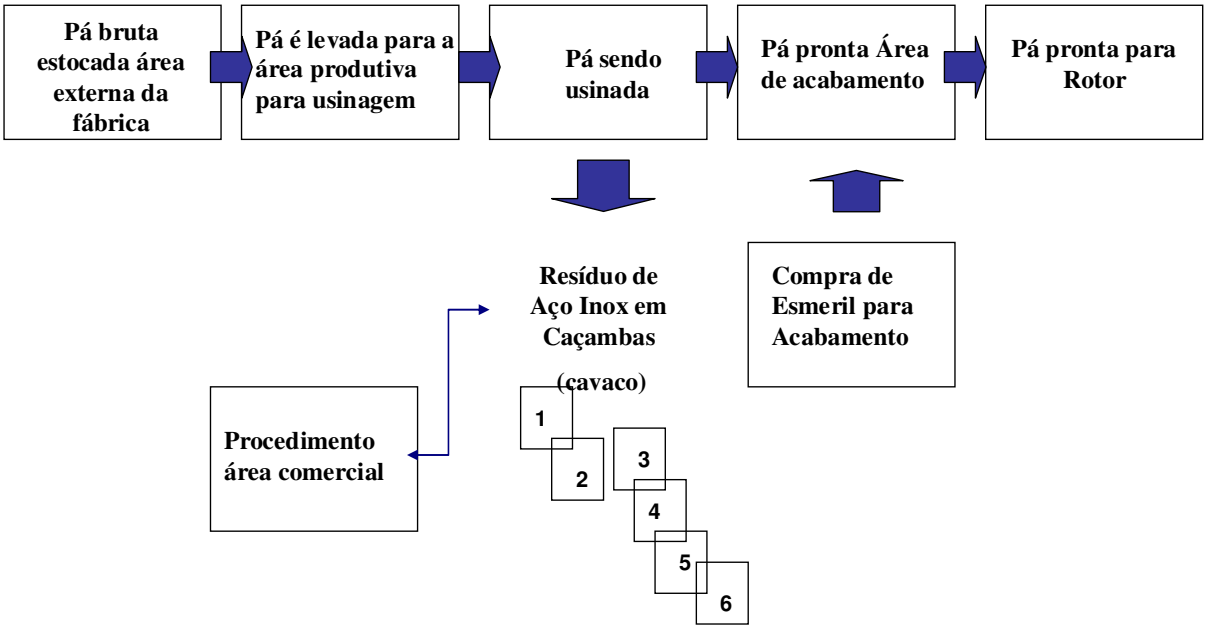


Figura 5.66 – Processo da Usinagem de Pás

Fonte – Empresa 'C'

5.3.1 Teste do Modelo ECO-*Kanban*

A Empresa 'C' mostrou interesse em aplicar o modelo ECO-*Kanban,* após conhecer seu funcionamento.

Conforme já descrito em outro parágrafo, a Empresa 'C' não possuía qualquer procedimento de reaproveitamento dos resíduos em acordo com qualquer um de seus fornecedores. Na realidade, o gerenciamento deste tipo de material sempre foi de grande preocupação para a empresa, principalmente por que, o resíduo de aço de qualquer origem, é um resíduo de alto valor para o mercado, favorecendo muitas vezes ações ilícitas por várias empresas do setor. Por este motivo a Empresa 'C', elaborou há alguns anos, um procedimento para a disposição dos resíduos de sua produção, mas que cobria unicamente as atividades da área comercial, na tentativa de evitar que o processo acontecesse de uma maneira incorreta já que o resíduo era considerado nobre e de alto valor. Este procedimento embora eficiente pelos aspectos legal e comercial era ineficiente para a área de operações, pois na maioria dos casos só autorizava a disposição do resíduo seis meses após sua geração.

O modelo do ECO-*Kanban*, procurou adaptar-se a estas condições aproveitando as informações que a empresa possuía. As demais foram obtidas durante o referido teste.

Na terceira empresa, onde o modelo do ECO-*Kanban* foi testado, as informações obtidas de acordo com o Roteiro de Pesquisa, foram:

A. Gerenciamento de Resíduos

Como foi mencionado, o resíduo escolhido para o teste do modelo foi o resíduo de aço, proveniente da usinagem das pás do rotor. Este resíduo foi escolhido, pois a Empresa 'C' possuía um maior numero de informações sobre o volume e freqüência do resíduo, informações importantes para o teste do modelo. O aço do tipo inox é resistente a água, uma vez que as pás quando instaladas no equipamento de geração de energia, permaneceria em contato com ela.

A Empresa 'C' possuía somente um procedimento corporativo para administração dos resíduos deste tipo de produção. Na época do teste do modelo, não havia qualquer controle de retirada do resíduo da área produtiva. O procedimento demorava em média seis meses para ser aprovado, até ser apreciado pelas pessoas responsáveis. Assim, todo cavaco gerado permanecia estocado dentro da empresa. Este tempo dado ao procedimento não era aleatório. Este era o *lead time* máximo para a usinagem das pás e o maior problema no gerenciamento de resíduos na empresa: a demora nas decisões sobre disposição, impactando em melhorias no trâmite de informações, na criação de alternativas de reaproveitamento e na melhoria geral de todos os processos afins.

B. Sistemas de Informação para Planejamento

A Empresa 'C' não possuía sistemas de programação de produção, semelhante aos sistemas ERP's mencionados nas Empresas 'A' e 'B', uma vez que sua produção era unicamente por projetos. De maneira geral, este tipo de produção nem sempre necessitava de uma cadência produtiva, obedecendo a tempos de produção e suprimento repetitivos e constantes. Mas fatores como custo e tempo não deixavam de ser importantes.

A Empresa 'C', também não possuía qualquer troca de informação com seus fornecedores. A disposição dos resíduos era tratada de forma pontual e acontecia no momento em que o procedimento corporativo assim definisse.

C. Sistema de Informação Colaborativo

Como a Empresa 'C' não possuía qualquer forma de troca de informação sistematizada com seus fornecedores. Qualquer tipo de contato era feito de maneira tradicional, sem o envolvimento de sistemas informatizados. Também informações sobre resíduos eram feitas de forma simples, utilizando procedimentos já mencionados;

D. Utilização do *Kanban*

A Empresa ‘C’ possuía grande preocupação com redução de custos e tempo de produção. Devido ao tipo de estratégia produtiva, a necessidade da aplicação de ferramentas cada vez mais eficazes que mostrassem resultados rápidos e sustentáveis, era sempre seu primeiro objetivo. A área de produção mostrava-se calcada nestes objetivos. Por este motivo foram encontradas várias iniciativas de implementação de várias ferramentas da prática do *lean manufacturing*.

O cavaco gerado na usinagem das pás e estocado nas caçambas metálicas permanecia por muito tempo na área produtiva causando desconforto visual e físico da área, constrangendo inclusive empregados ao risco de acidentes de trabalho. Com a implantação da sistemática do ECO-*kanban*, já na caçamba que acondicionava o cavaco, a retirada passou a ser automática, pois quando o volume de cavaco chegava ao vermelho, à caçamba era rapidamente retirada. Este foi um dos primeiros ganhos na aplicação do modelo. O *kanban* funcionava da forma tradicional, como uma chamada, pois, o estoque do cavaco ao atingir a faixa vermelha deveria ser retirado da área da produção. O *kanban* é uma forma de sistematização. O ECO-*Kanban* é uma forma de sistematização do reaproveitamento do resíduo.

A Figura 5.67 mostra o fluxo de caçambas inserido no processo produtivo, como início do teste do modelo ECO-*Kanban*. A caçamba pintada foi mostrada na Figura 5.61.

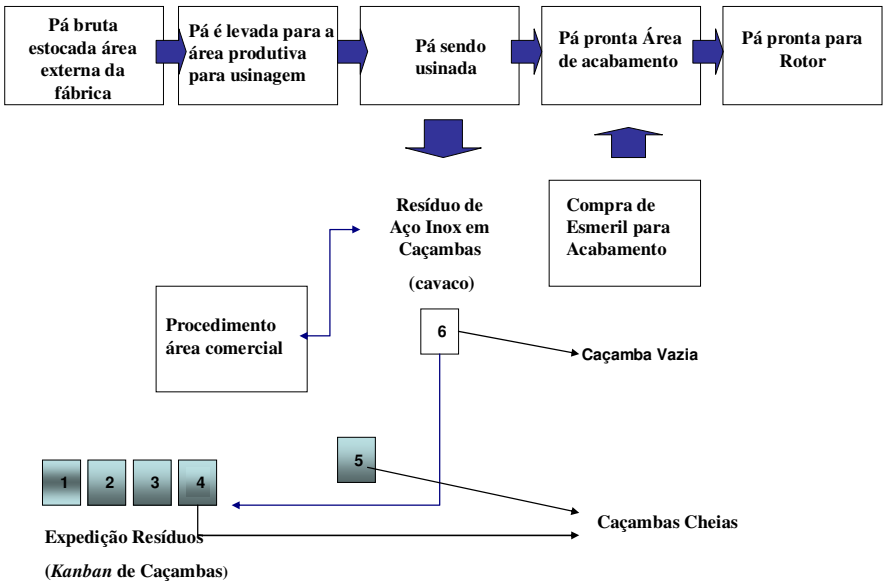


Figura 5.67 – Processo de Usinagem das Pás com o Kanban de Caçambas

Fonte – Empresa ‘C’ – Adaptado pelo Autor

O teste do modelo foi iniciado com o projeto da Foz do Chapecó, na produção do rotor com nove pás. Verificou-se que embora o fornecedor das pás se interessasse pelo recebimento e reaproveitamento do resíduo, o procedimento interno na Empresa 'C', dificultava qualquer iniciativa neste sentido. Mas, obedecendo-se as regras do ECO-*Kanban*, o modelo começou a informar aos três fornecedores interessados na reutilização do resíduo, o volume relativo que se formava dentro da empresa.

Observando-se o processo produtivo das pás, verificou-se a média de resíduo inerente ao processo era estável, aparentemente fixa, ou seja, aproximadamente 60 caçambas de 60 kg cada uma. A pá adquiria a forma com a usinagem programada na máquina, mas qualquer problema que gerasse mais resíduo (mais que seis caçambas por pá) deveria ser corrigido na fase de lixamento pela lixa tipo pedra copo. Como o lote de compra da lixa pedra copo era de 15 unidades, verificou-se que para o adequado acabamento de cada pá, cada caçamba de resíduo gerada a mais (um descontrole do processo), poderia significar mais um lote (15 unidades) de lixas.

A Figura 5.68 mostra a ferramenta utilizada para lixamento com a pedra copo acoplada. Na Figura 5.69, vê-se o detalhe da lixa pedra copo nova e já desgastada pela operação.

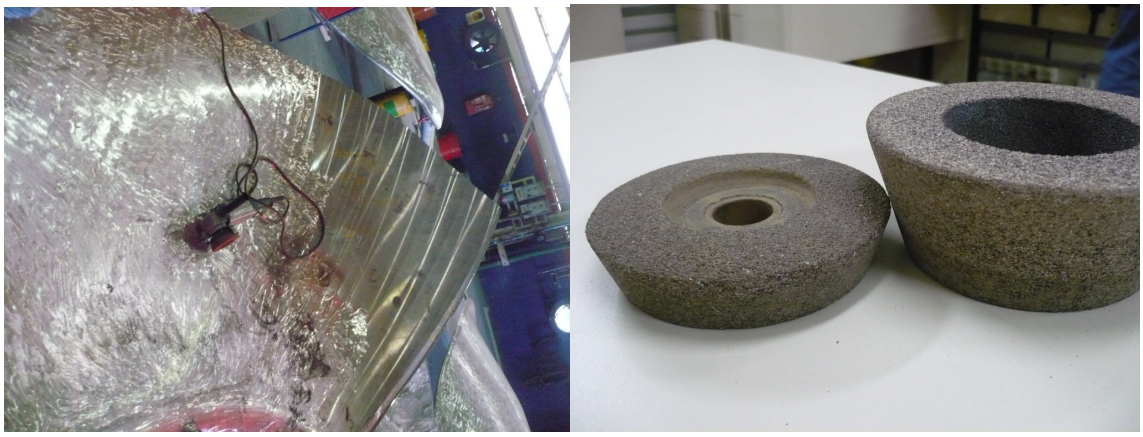


Figura 5.68 e 5.69 – Máquina para Lixamento e Detalhe da Lixa Pedra Copo Respectivamente
Fonte – Empresa 'C'

Isto só foi possível, pois se estabeleceu uma quantidade fixa por caçamba (com a adequação do *kanban*), e uma quantidade fixa de caçambas por produção. Além disto, o fornecedor de pás poderia se programar para o reaproveitamento por que passou a conhecer o volume final de resíduo, resultante desta produção. Mesmo com a demora no andamento das ações do procedimento interno, o fornecedor poderia se programar.

Outro fato importante pôde ser vislumbrado com a aplicação do ECO-*Kanban*. A área de produção conhecedora dos volumes de resíduo acompanhava cada produção das pás, para que ela não gerasse mais caçambas do que o previsto. Isto fazia com que o operador monitorasse com bastante cuidado, cada etapa do processo de usinagem, numa freqüência maior do que havia acompanhado desde então.

A Figura 5.70, mostra como se comportou o processo produtivo com a inserção do modelo ECO-*Kanban*.

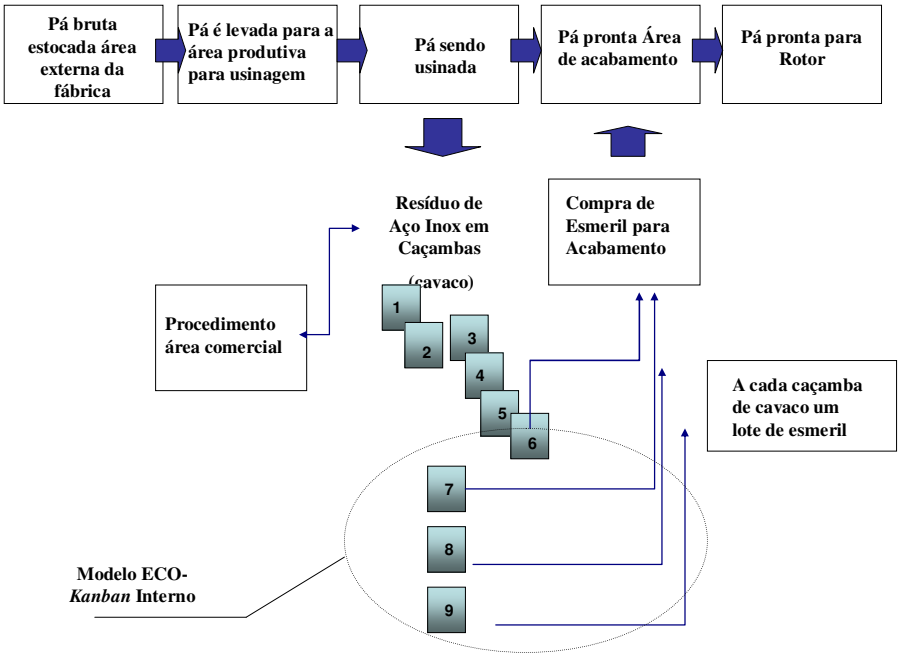


Figura 5.70 – Processo de Usinagem das Pás com ECO-Kanban Interno
Fonte – Empresa 'C' - Adaptado pela Autora

Para a aplicação do modelo completo, foi necessário que a empresa definisse um tempo máximo de operacionalização do procedimento corporativo, agilizando algumas ações que davam ao processo o maior tempo.

Como o modelo ECO-*Kanban* primava pelo fluxo de informação sistematizado, a Empresa 'C' começou a informar aos prováveis compradores do cavaco de aço inox, o estoque valorizado de cada caçamba que era disponibilizada dentro da fábrica. Estes valores também foram informados internamente, como 'ganhos prováveis' a serem computados pela área de produção. Com isto, o *lead time* de trabalho do procedimento foi reduzido, pois antes as informações apareciam como *pênaltis* no sistema.

Para a Empresa ‘C’, toda logística reversa de aço inox, preferencialmente, deveria ser feita com o fornecedor das pás. O fornecedor retirou o resíduo uma vez, após o cumprimento de todas as etapas do procedimento, com o compromisso de fornecer pás, nas mesmas quantidades das caçambas dos resíduos retirados (um caçamba = 1 pá), três meses depois da retirada deste lote de resíduo. Cada caçamba de cavaco de aço inox seria reaproveitada na produção de mais uma pá bruta. Conseqüentemente se houvessem caçambas a mais, retiradas do processo de usinagem por descontrole do processo, estas caçambas de resíduo talvez não tivessem onde ser reaproveitadas. Este foi mais um motivo para acompanhamento rigoroso das operações nesta etapa. A Figura 5.71 mostra o Modelo ECO-*Kanban* e a informação sistematizada para o fornecedor das pás de aço inox.

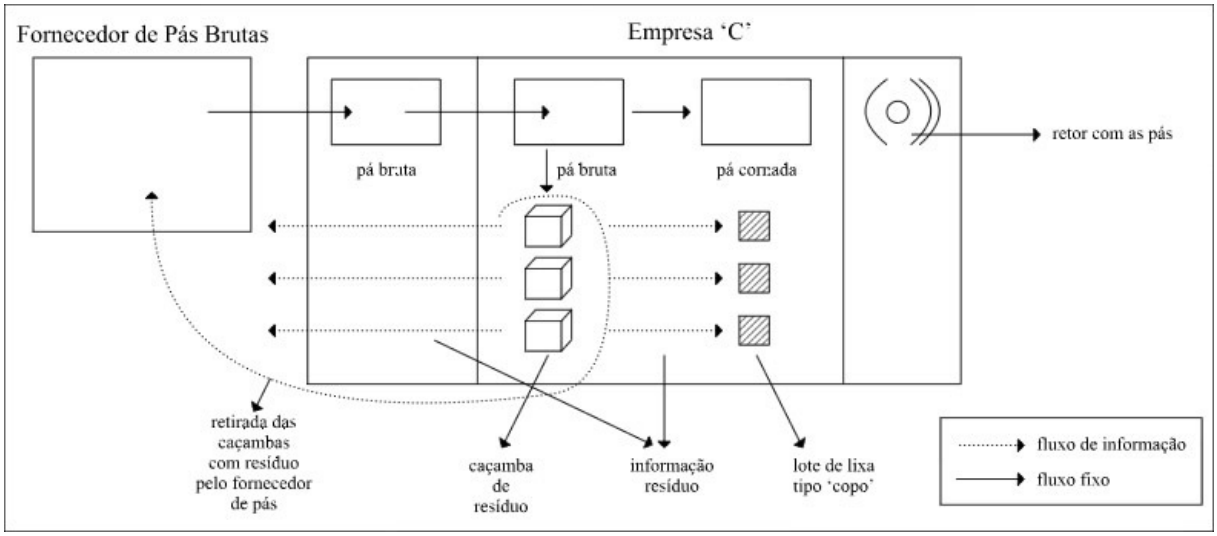


Figura 5.71 – Modelo ECO-Kanban para Empresa ‘C’

A Figura 5.72, apresenta o desenho do modelo original do ECO-*Kanban,* com as informações específicas da empresa ‘C’.

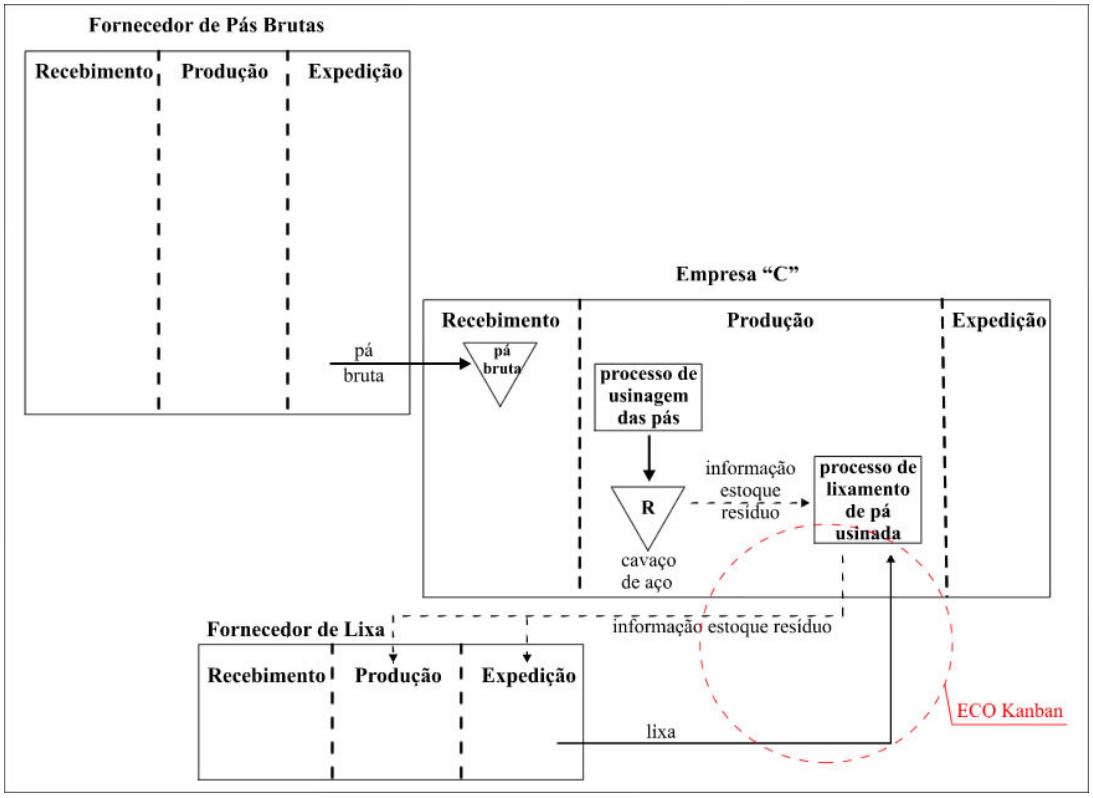


Figura 5.72 – Modelo ECO-*Kanban* Adaptado para a Indústria de Mecânica Pesada

5.4 Empresa 'D' - Segmento de Tratamento e Disposição de Resíduos Sólidos Industriais

A quarta empresa que aceitou testar o modelo ECO-*Kanban*, é uma empresa multinacional, líder mundial em serviços e soluções para o meio ambiente. Esta empresa é a única empresa global a oferecer uma gama completa de serviços ambientais nos segmentos de água, energia, gerenciamento de resíduos e transporte. No Brasil, destacam-se com as suas Divisões Água, Serviços Ambientais e Energia. Está presente no mundo há 150 anos e no Brasil há treze anos.

A unidade onde o modelo ECO-*Kanban* foi testado é parte de um conjunto de unidades que compõem a divisão de serviços ambientais. As atividades em todas as unidades vão desde coleta, acondicionamento, tratamento, disposição e co-processamento de resíduos industriais dos mais variados tipos, exceto perigosos, de saúde e radioativos. Nesta unidade específica estão as atividades de coleta, análise laboratorial para disposição e co-processamento, assim como a separação, preparação e compactação.

5.4.1 O Reaproveitamento dos Resíduos nas Indústrias de Cimento

O cimento é um material existente na forma de um pó fino, que resulta da mistura de clínquer com outros materiais, tais como o gesso, pozolanas, ou escórias siliciosas, em quantidades que dependem do tipo de aplicação e das características na sua utilização. O clínquer, principal componente do cimento, é produzido por transformação térmica à elevada temperatura em fornos apropriados, de uma mistura de material rochoso contendo aproximadamente 80% de carbonato de cálcio (CaCO3), 15% de dióxido de silício (SiO2), 3% de óxido de alumínio (Al2O3) e quantidades menores de outros constituintes, como o ferro e enxofre. Estes materiais são normalmente escavados em pedreiras de calcário, ou margas, localizadas nas proximidades dos fornos de produção do clinquer.

Existem dois tipos principais de instalações de produção de clínquer: por via úmida e por via seca. Nas unidades que operam por via úmida a matéria prima é moída juntamente com água sendo fornecida ao forno na forma de lama ou pasta. Os fornos de via seca não usam água para moer a matéria prima que é fornecida ao forno na forma de um pó fino, a farinha crua. Nos sistemas por via seca a matéria prima, proveniente normalmente de pedreiras locais, que passa por uma primeira britagem, é misturada com outros materiais, como areia, minério de ferro, argila, alumina, cinzas de Centrais Térmicas, de modo a obter uma composição otimizada para a produção de clínquer. A matéria prima é em seguida moída finamente em moinhos de vários tipos. Em muitos processos os próprios gases de combustão servem para separar e arrastar o material já moído, a farinha, conduzindo-o para sistemas de separação e despoeiramento, sendo os gases expelidos para o exterior e a matéria prima conduzida ao forno para tratamento térmico.

O clínquer é, normalmente, armazenado em depósitos de grandes dimensões e posteriormente moído em moinhos de bolas, onde se juntam os aditivos, como o gesso e outros, formando os diversos tipos de cimentos.

A energia necessária à secagem, calcinação e sinterização do clinquer, ou clinquerização, é obtida pela queima de uma variedade de combustíveis, como o carvão mineral e o coque de petróleo (*pet-coque*). O Gráfico 5.6 mostra o consumo passado e previsto de compostos, para prover a energia necessária à clinquerização, no forno de cimento.

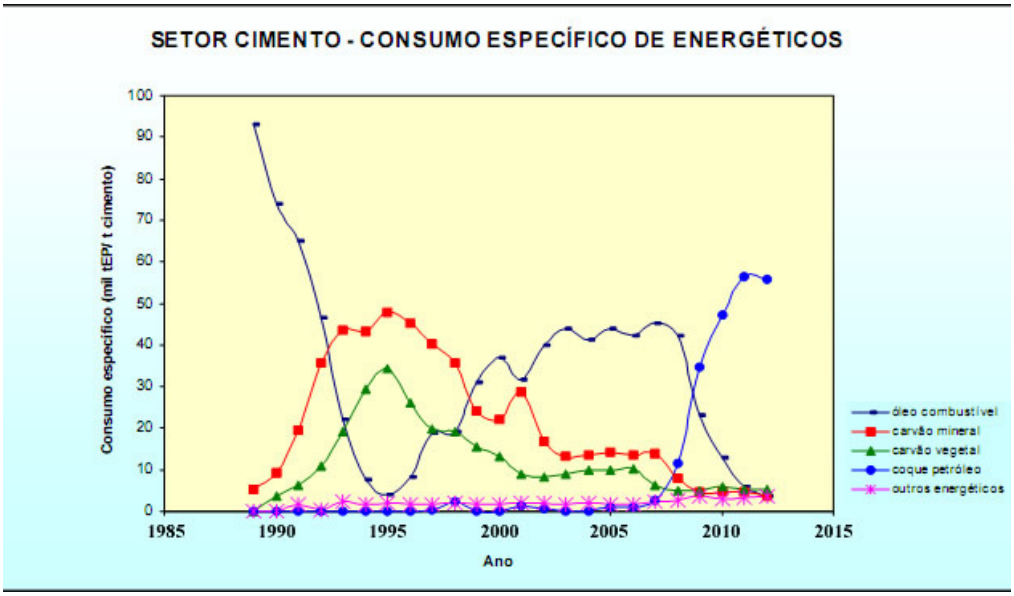


Gráfico 5.6 – Consumo Específico de Energéticos na Indústria de Cimento

Fonte – Santi e Seva Filho (2004)

Outros combustíveis também usados na Europa são o *fuel*, o gás natural e combustíveis alternativos como pneus usados, papel velho, resíduos de madeira. A Figura 5.73 ilustra o processo produtivo na Usina de Cimento.

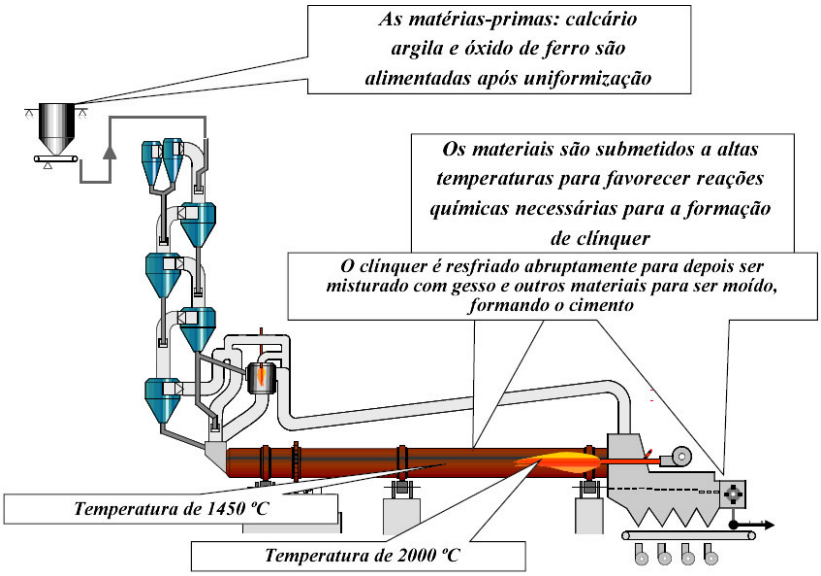


Figura 5.73 – Produção na Usina de Cimento – Detalhe do Forno

Fonte – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro [...]

Os fornos de cimento reúnem algumas características que os recomendam como possíveis instalações para a eliminação de resíduos, principalmente se esses resíduos forem

combustíveis e puderem ser destruídos por reação com o oxigênio atmosférico. Dado o seu caráter perigoso (pelo alto grau de energia liberada), a queima destes resíduos tem de ser realizada de modo que a sua remoção e destruição sejam elevadas.

Os gases no forno de clínquer atingem temperaturas máximas de 2000 ºC no queimador principal e permanecem a temperaturas acima dos 1200 ºC por períodos de 4-6 segundos. Por sua vez o clínquer sai do forno a temperaturas na ordem dos 1450 ºC. Estas temperaturas são das mais elevadas encontradas em qualquer processo industrial e o tempo de residência dos gases a alta temperatura é também bastante superior ao conseguido em outros processos de combustão alternativos, como a incineração dedicada. Assim um forno de clínquer é um local com condições ótimas para uma queima ou destruição eficaz de qualquer resíduo orgânico que se possa oxidar/decompor com a temperatura.

É necessário tomar algumas precauções em relação ao modo como o material é adicionado ao forno. O local de injeção mais apropriado é o queimador principal, junto à saída do clínquer, porque nestas condições a temperatura e o tempo de residência são maximizados. Substâncias líquidas ou sólidas trituradas são normalmente queimadas neste ponto do forno.

Nos fornos de cimento as variações de temperatura são lentas e mais facilmente controláveis. Esta característica é vantajosa quando se queimam substâncias com composição e poder calorífico variável como são os resíduos industriais, mas para isto os resíduos têm de chegar à unidade fabril com uma composição conhecida e com uma uniformidade em composição e granulometria especifica**.**

O Co-processamento em fornos de clínquer é uma técnica de incorporação de resíduos ao processo de fabricação do cimento, a partir do seu reaproveitamento, resultando na destruição térmica eficiente e segura sob o ponto de vista operacional e ambiental. É a queima de resíduos industriais e de passivos ambientais em fornos usados para fazer cimento. A destruição dos resíduos dá-se ou pela simples queima, onde ele é incorporado à matéria prima, ou pela substituição de combustíveis poluidores. Para que o resíduo industrial seja queimado, é necessário que empresas autorizadas, com profissionais devidamente instruídos e competentes, preparem uma mistura. Esta mistura recebe o nome de *blend*. A preparação da mistura é também conhecida como blendagem.

Das 47 fábricas de cimento integradas (com fornos) instaladas no Brasil, 36 estão licenciadas para co-processar resíduos e representam mais de 80% da produção de clinquer no país. O Brasil gera cerca de oito milhões de toneladas de resíduos de alto poder calorífico de diversos segmentos da indústria (siderúrgica, petroquímica, automobilística, de alumínio, tintas, embalagens, papel e pneumáticos) por ano (HOJE

NOTÍCIAS, 2009), das quais co-processa, anualmente, cerca de 1.200 mil toneladas. No ano de 2006, começaram a ser eliminadas em fornos de cimento aproximadamente 100 mil toneladas de vários tipos de resíduos, tornando o co-processamento uma prática muito eficaz na disposição deles. O co-processamento oferece diversas vantagens:

- Eliminação definitiva, de forma ambientalmente correta e segura, de resíduos perigosos e passivos ambientais;
- Preservação de recursos energéticos não-renováveis pela substituição do combustível convencional e pela incorporação na massa do produto, em substituição a parte de matérias primas que compõem a fabricação do cimento, sem alteração de suas características e atendendo às normas internacionais de qualidade;
- Contribuição à saúde pública, por exemplo, no combate de doenças provenientes da acumulação de resíduos de vários tipos.

A prática de incinerar e reutilizar resíduos em fornos de cimento começou no ano 2000, quando empresas mundiais, de segmentos considerados devastadores para o meio ambiente, procuraram um descarte adequado para seus resíduos. Hoje, em várias partes do mundo, resíduos são introduzidos em vários pontos da produção, principalmente de cimento (por sua elevada temperatura e por possuir filtros que captam emissões de baixíssima granulometria), como forma de minimizar as emissões sólidas, uma vez que as gasosas são devidamente tratadas (conforme anteriormente escrito).

A quantidade de resíduos industriais gerados pelo país, por ano, cresce vertiginosamente e ainda alguns destes resíduos encontram-se sem destino adequado. Muitas considerações estão sendo feitas por órgãos governamentais que cuidam do Meio Ambiente, quanto às práticas de incineração, pois, ainda não encontraram uma maneira concreta de mensurar o quanto às emissões gasosas destas incinerações pode continuar sendo prejudiciais. O Gráfico 5.7 mostra os destinos dados aos resíduos gerados no país.

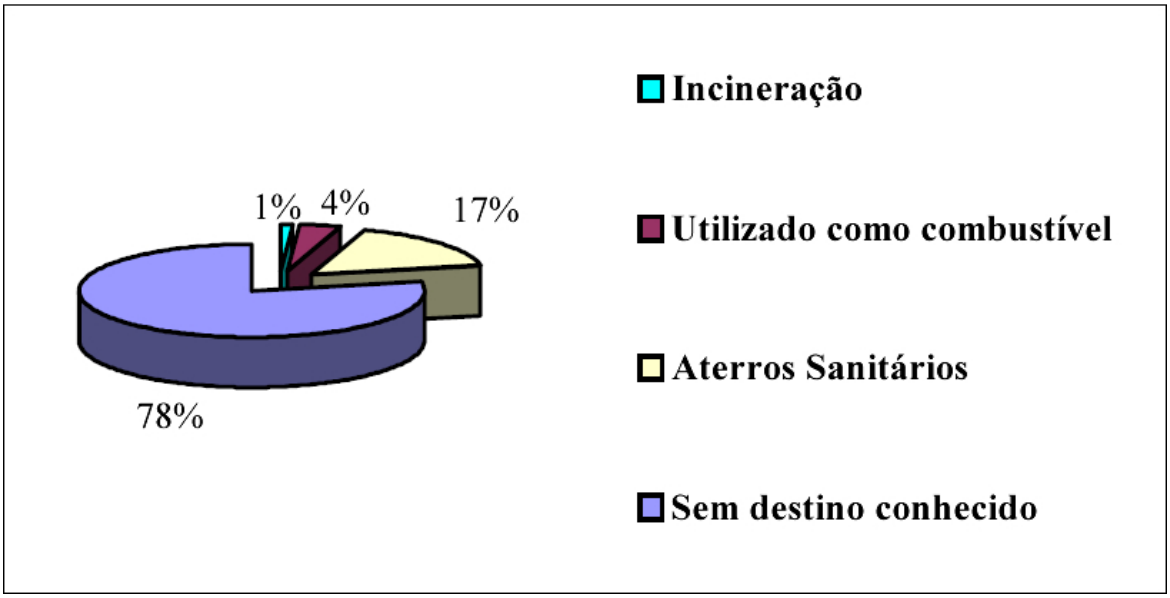


Gráfico 5.7 – Destino dos Resíduos Gerados no País/Ano

Fonte – Hoje Notícias (2009)

Para que a queima do resíduo industrial em fornos de cimento é necessário que seja obedecida a classificação apresentada nos Quadros 5.4 e 5.5

Quadro 5.4 – Resíduos permitidos na queima em forno clínquer

Borras Oleosas	Borras Ácidas
Pneus	Borrachas não Cloradas
Borra de Tintas	Solventes
Ceras	Resinas Fenólicas e Acrílicas
Carvão Ativado Usado como Filtro	Elementos Filtrantes de Filtros de óleo

Fonte – Empresa 'D' – Adaptado pela Autora

O Quadro 5.4 mostra os resíduos que são permitidos para a queima no formo da usina de cimento. O Quadro 5.5 mostra aqueles que não são, pois em alguns casos ainda não se conhece uma disposição ao mesmo tempo adequada e não onerosa.

Quadro 5.5 – Resíduos proibidos na queima em forno clinquer

Resíduos Domésticos
Resíduos de Serviços de Saúde
Resíduos Radioativos
Substâncias Organocloradas
Agrotóxicos
Explosivos

Fonte – Empresa 'D' – Adaptado pela Autora

5.4.2 O Processo Produtivo da Empresa 'D'

O principal negócio da Empresa 'D' é à disposição dos resíduos industriais, ou seja, a preparação do resíduo para a adequada disposição. Ela recebe, segrega e prepara diversos tipos e classes de resíduos, para serem preferencialmente queimados no forno de cimento, ou incinerados para se transformar em matéria prima alternativa ou ainda, como combustível para promover aumento da carga energética em substituição ao coque petróleo. O que será dado ênfase no teste do ECO-*Kanban*, será o processo da preparação de uma mistura homogênea chamada de *blend,* de resíduos sólidos industriais, recebido de várias indústrias situadas no Vale do Paraíba, para que seja queimado, através da do co-processamento em uma usina de cimento situada próxima à sua unidade de reaproveitamento de resíduos. Então, esta queima é o reaproveitamento dos resíduos industriais combustíveis nos seus diferentes estados físicos, como combustível alternativo em substituição parcial do combustível fóssil não renovável.

A referida unidade produtiva onde o modelo do ECO-*Kanban* foi testado recebe de vários de seus clientes (encarados no processo produtivo como fornecedores de resíduos industriais), com certa periodicidade, caminhões contendo estes resíduos. Os resíduos são desde totalmente sólidos até pastosos (formando compostos úmidos). Esta periodicidade pode variar entre cinco e quinze vezes por semana, dependendo do volume produzido e das condições de transporte e processo das empresas fornecedoras.

Os resíduos são recebidos e estocados a fim de serem preparados para a queima nos fornos da cimenteira, com o objetivo de gerar energia necessária, diminuindo o impacto ao meio ambiente reduzindo a utilização do coque de petróleo e a emissão de gases que agravam o efeito estufa. É a Usina de Cimento, ou Cimenteira, uma das grandes poluidoras e colaboradoras das emissões prejudiciais ao planeta, juntamente com outros segmentos. A Cimenteira destacava-se como poluente em dois momentos: o primeiro quando não havia queima de resíduos e só se utilizava o coque do petróleo. Um segundo momento quando, embora houvesse a utilização do resíduo como combustível alternativo, não havia uma análise precisa que identificasse a presença de compostos perigosos na mistura, o que poderia causar um grande impacto ambiental durante o processo de queima. Nestes dois casos, somente a substituição energética é a mais bem vista e incentivada pelo governo e órgãos ambientais.

A queima dos resíduos industriais pode servir para vários fins. São eles:

- Resíduos substitutos de matérias-primas;
- Resíduos substitutos de combustível;
- Resíduos inorgânicos para inertização;
- Resíduos orgânicos para destruição térmica.

No caso específico da Empresa 'D', ela processa o resíduo para ser queimado pela Cimenteira para substituir o combustível fóssil como já foi mencionado.

Para que os resíduos permitidos na queima em fornos de cimento sejam realmente reutilizados, alguns critérios são ainda necessários:

- Que não sejam resíduos que possam ser enquadrados como substitutos de matéria prima;
- Que sejam fundentes e combustíveis;
- Que sua emissão atmosférica não comprometa a qualidade ambiental;
- Que não altere a qualidade do cimento;
- Que possa ser fornecido de maneira regular;
- Que possa agregar valor aos membros da cadeia: indústrias geradoras de resíduo, a empresa que prepara o *blend* e a usina de cimento.

Para que o co-processamento seja realizado, o resíduo deve ter algumas qualidades que são definidas e periodicamente checadas pelo CONAMA: poder calorífico inferior deve ser correspondente ao da casca de arroz; O resíduo deverá comprovar o poder energético; A mistura ou *blend*, também deve ter poder calorífico determinado pelo CONAMA; Alimentação do resíduo, preferencialmente, na extremidade quente do forno rotativo (zona de combustão primária; Possibilidade de alimentação em outro ponto do sistema forno, em função da composição físico-química do resíduo (neste último caso incineração e não co-processamento).

A Empresa 'D' possui alguns procedimentos e práticas que são obrigatórios para que se faça a preparação da mistura e a destinação final do *blend*, que estão inseridas nas atividades de seu processo produtivo. Estes procedimentos são exigidos por lei pelos órgãos ambientais e acordados entre fornecedores de resíduos e a própria cimenteira. Eles são os seguintes:

- Estudo de Viabilidade de Queima;
- Proposta de Co-processamento;
- Teste em Branco;
- Teste de Queima;
- Planos Complementares:
- Armazenamento de resíduos;
- Atendimento a emergências;
- Treinamento de pessoal;
- Análise de Risco.

As indústrias do Vale do Paraíba eram responsáveis por entregar os resíduos, acondicionados em veículos próprios (caminhões tanques ou basculantes), devidamente protegidos de qualquer fuga de material sólido ou gasoso, durante o transporte. A empresa tinha a capacidade para processar 80.000 toneladas de resíduos por ano e contava com 108 empregados para isto. Os principais clientes que enviavam resíduos produtivos eram: 3M do Brasil, Procter&Gamble, Avon, Monsanto, IBM, Colgate, Unilever, Natura, Nestlé, Volkswagen do Brasil, GM, Johnson e Johnson, entre outras. Posteriormente após a preparação do *blend*, ou blendagem, a Empresa 'D', entregava a mistura à Usina, por meio de outro tipo de veículo (igualmente preparado), para ser então queimado no forno de cimento. A usina de cimento que fez parte deste estudo de caso consumia oito toneladas de resíduo por dia. A Empresa 'D' processava quantidades maiores de *blend* e quando esta usina não o utilizava, outras usinas de cimento eram alimentadas da mesma forma. Estas outras empresas não foram estudadas aqui.

O processo produtivo propriamente dito será ilustrado pelas figuras e pela Figura 5.96, que serão apresentados na seqüência deste trabalho.

A Empresa recebe resíduos sólidos (e pastosos), de várias maneiras. A primeira delas é por meio de caminhões fechados que descarregam as quantidades de resíduos de forma hermética (sem o contato com o ar), para serem guardados em tonéis com pressão adequada. Estes resíduos são perigosos e não podem ter contato com o oxigênio. A figura 5.74 mostra os caminhões conectados a dutos especiais sendo descarregados automaticamente. Ao fundo pode-se ver o duto que conduz os resíduos pastosos ao tonel de acondicionamento.

Figura 5.74 – Descarregamento dos resíduos pastosos

Fonte – Empresa 'D'

A Figura 5.75 mostra o local onde os resíduos descarregados são acondicionados, já dentro da Empresa 'D'.

Figura 5.75 – Local de acondicionamento dos resíduos pastosos

Fonte – Empresa 'D'

Outro tipo de resíduo é recebido pela Empresa 'D'. São resíduos sólidos que por não serem fundentes e não possuírem características energéticas são tratados de outra maneira. As Figuras 5.76, 5.77 e 5.78, mostram este processo. Este tipo de resíduo é recebido em tambores de vários tipos, reaproveitados pelas empresas clientes da Empresa 'D', fornecedoras de resíduo neste processo.

Figuras 5.76 e 5.77 – Recebimentos dos Tambores com Resíduo Sólido

Fonte – Empresa 'D'

A Figura 5.77 mostra o recebimento dos tambores que contém o resíduo sólido, proveniente das empresas clientes e fornecedoras da Empresa 'D'. A figura 5.78 mostra a primeira etapa de separação deste resíduo recebido, de acordo com algumas condições já conhecidas, que interferem em seu poder de queima.

Figura 5.78 – Separação do Resíduo Sólido

Fonte – Empresa 'D'

Após o recebimento destes tambores, amostras são retiradas para que o laboratório da Empresa 'D' analise o poder energético de cada composição de resíduos a fim de combinar os conteúdos no processamento do *blend.* Misturas com diferentes capacidades energéticas ou com produtos que reduzam esta capacidade das outras que os tambores contêm, não poderão ser misturados. Este é o principal objetivo da análise. O tempo necessário para se obter o resultado final de cada análise pode variar de 01 (hum) dia até cinco dias corridos. Após esta

análise estes tambores são identificados e armazenados para posterior processamento. A Figura 5.79 mostra este almoxarifado.

Os tambores identificados são então selecionados para processamento. É realizado uma composição homogênea onde resíduos com o mesmo poder calorífico são colocados em uma mesma mistura. A máquina que realiza esta mistura é de grandes dimensões, e a entrada dos resíduos se dá na parte superior. Para o acesso a esta parte superior, é necessário que os tambores sejam levados a um *mezanino*. Para isto, eles são colocados em um elevador para que o conteúdo seja então despejado na maquina que realizará a mistura. A Figura 5.80 mostra o elevador e as Figuras 5.81 a 5.84, mostram o conteúdo dos tambores sendo despejado na maquina misturadora.

Figura 5.79 – Almoxarifado de Tambores com Resíduo Industrial
Fonte – Empresa 'D'

Os tambores identificados são então selecionados para processamento. É realizado uma composição homogênea onde resíduos com o mesmo poder calorífico são colocados em uma mesma mistura. A máquina que realiza esta mistura é de grandes dimensões, e a entrada dos resíduos se dá na parte superior. Para o acesso a esta parte superior, é necessário que os tambores sejam levados a um *mezanino*. Para isto, eles são colocados em um elevador para que o conteúdo seja então despejado na maquina que realizará a mistura. A Figura 5.80 mostra o elevador e as Figuras 5.81 a 5.84, mostram o conteúdo dos tambores sendo despejado na maquina misturadora.

Figura 5.80 – Elevador que conduz os tambores para o *mezanino*

Fonte – Empresa 'D'

A Figura 5.81 e 5.82 mostram a movimentação do resíduo para a máquina que processa o *blend.*

Figuras 5.81 e 5.82 – Tambores sendo despejados na maquina processadora do *blend*

Fonte – Empresa 'D'

Sob outro ângulo, as Figuras 5.83 e 5.84 mostram a mesma movimentação por outra entrada de resíduo na máquina processadora do *blend.*

Figuras 5.83 e 5.84 – Tambores sendo despejados na maquina em outra entrada de resíduos

Fonte – Empresa 'D'

Após serem esvaziados, os tambores são encaminhados para lavagem e limpeza, para retornarem aos clientes (fornecedores de resíduos), onde novamente retornarão com resíduos para o mesmo fim. As Figuras 5.85 e 5.86 mostram esta etapa. Na seqüência das operações, a mistura é levada para a área externa do galpão fabril por meio de um duto onde permanecerá armazenada em um vaso de pressão até ser colocada em um veículo próprio que a levará à Usina de Cimento. A Figura 5.87 mostra esta parte do processo.

Figuras 5.85 e 5.86 – Áreas de limpeza de tambores

Fonte – Empresa 'D'

O acondicionamento da mistura já processada dá-se na área externa do galpão fabril, conforme apresentado na Figura 5.87.

Figura 5.87 – Acondicionamento externo do *blend*

Fonte – Empresa 'D'

Outros tipos de resíduos são recebidos pela Empresa 'D', e podem ou não compor esta mistura. Na maioria dos casos, estes resíduos são separados, triturados em outro galpão, e posteriormente levados para o co-processamento, mas na substituição de matéria prima.

As Figuras 5.88 e 5.89 ilustram este processo. É importante lembrar que estas atividades não foram diretamente consideradas no teste do modelo, pois não eram atividades que se realizavam de forma constante e cadenciada.

Figuras 5.88 e 5.89 – Recebimento, Separação e Armazenamento Resíduo para Substituição de Matéria Prima

Fonte – Empresa 'D'

As Figuras 5.90 e 5.91 mostram o resíduo sendo triturado, o que seria neste caso um processo produtivo, na preparação do composto que será queimado na Usina de Cimento, agregando-se à matéria prima.

Figuras 5.90 e 5.91 – Resíduo Industrial sendo triturado para posterior destruição

Fonte – Empresa 'D'

Na Figura 5.92, detalhe da máquina que efetua o trituramento dos resíduos.

Figura 5.92 – Máquina que realiza a trituração do resíduo

Fonte – Empresa 'D'

Após esta preparação, de acordo com o estabelecido entre a Empresa 'D' e a Cimenteira, o *blend* é levado para o co-processamento. As Figuras 5.93 e 5.94 mostram o forno onde é preparado o clínquer para a composição do cimento. A Figura 5.95 mostra o detalhe da parte interna do forno, por onde os operadores podem controlar a intensidade da chama pela sua tonalidade. É para esta Usina de Cimento que a Empresa 'D' destina a mistura preparada (*blend*).

Figuras 5.93 e 5.94 – Detalhes do Forno de Cimento

Fonte – Empresa 'D' e Usina de Cimento

Figura 5.95 – Detalhe da Parte Interna do Forno

Fonte – Empresa 'D' e Usina de Cimento

A Figura 5.96, mostra como se dá o processo produtivo da Empresa 'D', na elaboração da compostagem ou *blend*, que é enviado à Usina de Cimento.

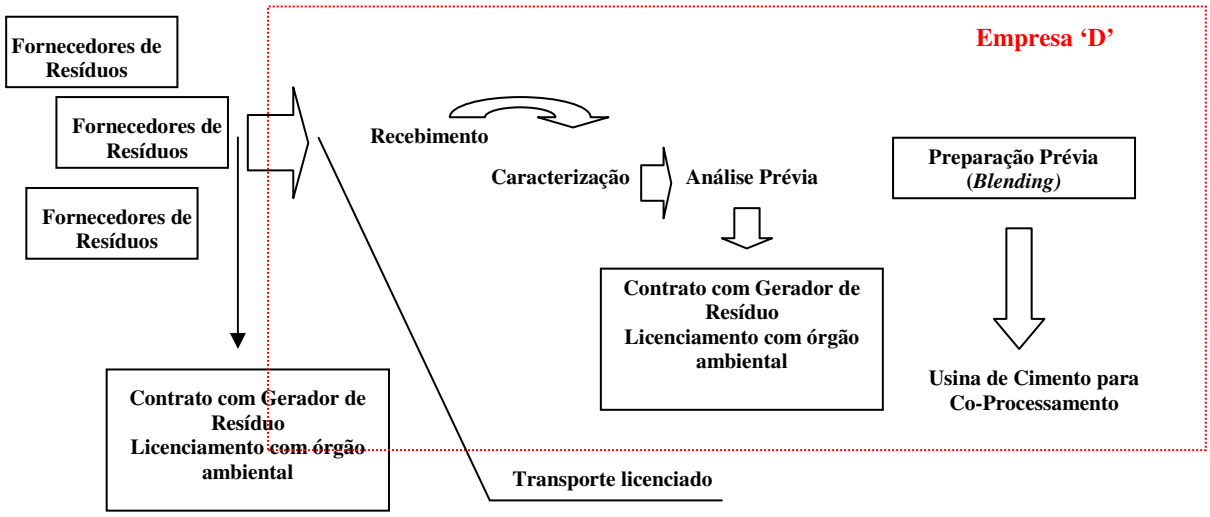


Figura 5.96 – Esquema do processo produtivo da Empresa 'D'

A Figura 5.97 mostra os locais onde resíduos industriais podem ser inseridos, na produção de cimento, alguns para incineração, outros para substituição energética. Os volumes apresentados estão dentro da estimativa de oito milhões de toneladas/ano.

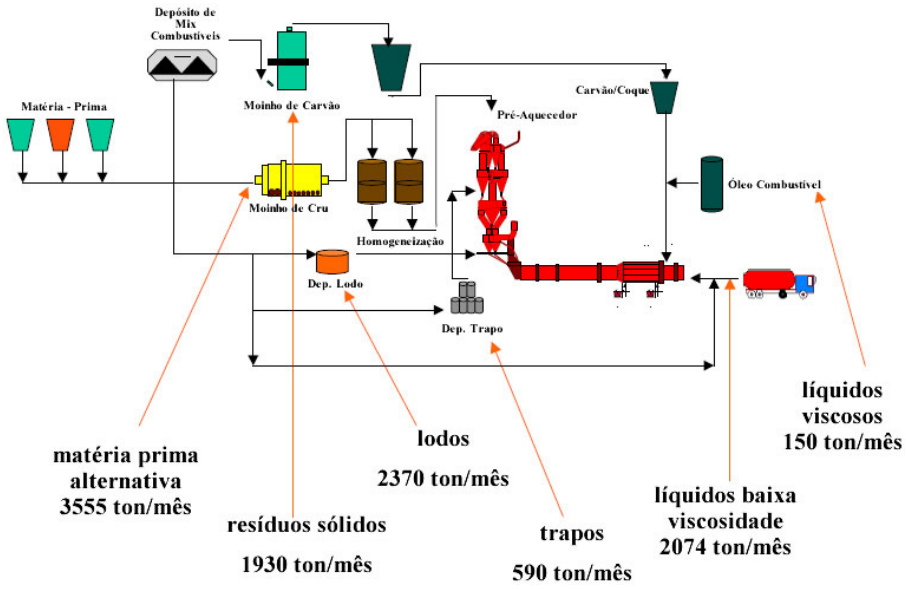


Figura 5.97 – Pontos de Entrada de Resíduos na Usina de Cimento

Fonte – Empresa 'D' – Adaptado pela Autora

5.4.3 – O Teste do Modelo ECO-*Kanban* na Empresa 'D'

Diferentemente das empresas anteriores onde o modelo foi testado, a Empresa ‘D’ não possuía um processo produtivo seqüencial, nem contínuo. Logo na preparação para o teste, procurou-se onde estabelecer a chamada de produção.

Ao observar o cliente da empresa de resíduos, a cimenteira, verificou-se que este possuía um processo produtivo ininterrupto, contínuo, que sempre era alimentado pelo composto preparado pela Empresa ‘D’. Alguns questionamentos foram feitos, com o objetivo de identificar exatamente onde o modelo deveria se inserir. Por este motivo, buscou-se inserir o ECO-*Kanban* não só entre a Empresa ‘D’ e seu cliente, a Usina de Cimento, mas procurando envolver o fornecedor de coque de petróleo, além de procurar englobar os fornecedores de resíduos, como forma de mostrar a utilidade da informação sistematizada. O teste precisou envolver mais integrantes da cadeia e o *kanban*, embora iniciado com a Empresa ‘D’, só pôde ser efetivamente testado quando sua prática envolveu uma esfera maior de participantes.

Primeiramente, as informações obtidas de acordo com o Roteiro de Pesquisa, junto a Empresa ‘D’, foram as seguintes:

A. Gerenciamento de Resíduos

O componente escolhido para o teste do modelo foi a composição de vários resíduos industriais. Este componente é o resultado da compostagem dos resíduos sólidos industriais, que é preparada considerando o mesmo poder calorífico de todos os compostos. Como já foi mencionado antes, esta combinação é feita para que o componente resultante da compostagem quando injetado no forno da Usina de Cimento, não reduza o poder calorífico das chamas e sim, ao contrário, possa eficientemente substituir o combustível original e altamente poluidor, o coque de petróleo. A Empresa ‘D’ não possuía qualquer controle de seu processo produtivo que pudesse alimentar os dados do *kanban* de resíduos. A importância do processo era dada à chegada de resíduos provenientes das indústrias que era constante e crescente em volume, na preparação (seu *lead time* produtivo), e no envio do componente para a Cimenteira (que também era constante e crescente em volume e qualidade do poder calorífico).

A Empresa ‘D’ não necessitava buscar novos clientes no mercado controlar o recebimento dos resíduos, uma vez que devido às exigências legais, cada vez mais empresas a procuravam para dar disposição de suas emissões. Como o volume de resíduo estava em ascensão, a única preocupação da Empresa ‘D’ situava-se no tempo de ‘maturação’ e preparação da compostagem e isto poderia impactar seu negócio, impossibilitando a aquisição de novos clientes. O lead time de produção, ou seja, de preparação do *blend*, durava entre três

a cinco dias corridos. Para o teste do ECO-*Kanban,* foi então considerado um *lead time* produtivo de cinco dias (o maior deles);

B. Sistemas de Informação para Planejamento

A Empresa 'D' não possuía sistemas de programação de produção, semelhante aos sistemas das outras empresas pesquisadas. As informações sistematizadas eram: volumes de entrada e saída de resíduos, datas, informações sobre a origem dos resíduos e destino do componente. Fez-se um levantamento das chegadas e saídas dos resíduos nos últimos meses antes de iniciado o teste do modelo e simulou-se uma cadência de recebimento e envio dos resíduos para a Cimenteira no objetivo de estabelecer um *kanban* entre empresas.

A Empresa 'D', também não possuía qualquer troca de informação com seus fornecedores, nem com seu cliente Cimenteira. Como o volume de resíduo recebido apresentava-se crescente há alguns anos, ela não se preocupava em controlar este recebimento. Também o envio de componentes para a Cimenteira era alto e ela apenas comunicava quando da emissão da Nota Fiscal. A Usina de Cimento não se preocupava em acompanhar a chegada do componente. Seu abastecimento era sempre garantido.

C. Sistema de Informação Colaborativo

A Empresa 'D' não possuía qualquer forma de fluxo de informação sistematizado com seus fornecedores e cliente. Qualquer tipo de contato era feito de maneira tradicional, sem o envolvimento de sistemas informatizados. Também informações sobre resíduos eram realizadas conforme mencionado no tópico três;

D. Utilização do *Kanban*

A Empresa 'D' não possuía comprovação da utilização das ferramentas do *lean manufacturing*.. Até o momento em que o teste do ECO-*Kanban* foi realizado, não manifestou intenções de utilizá-las, embora tivesse demonstrado interesse em sistematizações que pudessem reduzir custos e melhor administrar seu faturamento.

Alguns pontos importantes durante a aplicação do Roteiro de Pesquisa foram observados:

- A Usina de Cimento mantinha ininterruptamente a compra e o recebimento de coque de petróleo, pois qualquer interrupção no forno causaria danos financeiros incalculáveis. A oscilação dos volumes enviados de *blend*, também favorecia este fator, até mesmo o abastecimento do forno com percentual maior de coque de petróleo, com o resíduo já disponível na Usina. Percebia-se uma falha no conjunto de informações trocadas entre empresas;

- A utilização do coque de petróleo em maior quantidade favorecia uma *performance* ambiental não satisfatória. Este fato não era considerado grave no momento, frente à necessidade de se produzir, mas era preocupante;
- Os maiores custos estavam envolvidos na produção, no controle do forno, no resultado do produto final. Outros tipos de controle poderiam onerar a empresa, uma vez que ainda não estavam devidamente estruturados e procedimentados. Esta era a visão dos empregados.

O teste do modelo ocorreu nos dois últimos meses do ano de 2008. Todo o começo do novo ano, a Usina de Cimento, interrompe suas atividades de produção para a manutenção do forno e de outros equipamentos, assim providencia o período de férias para maioria dos empregados. Tanto a Empresa 'D', quando a Cimenteira, não forneceram dados quantitativos das respectivas produções. A indústria de cimento é um segmento que prefere manter confidencialidade de suas informações. Por causa disto, alguns volumes apresentados foram estimados e deu-se preferência para o estudo da implantação do fluxo da informação sistematizada, tema do trabalho. A Figura 5.99 mostra os 'atores' integrantes do cenário onde foi realizado o teste do modelo e as informações disponíveis na cadeia de reutilização do resíduo na indústria de cimento, especificamente neste caso.

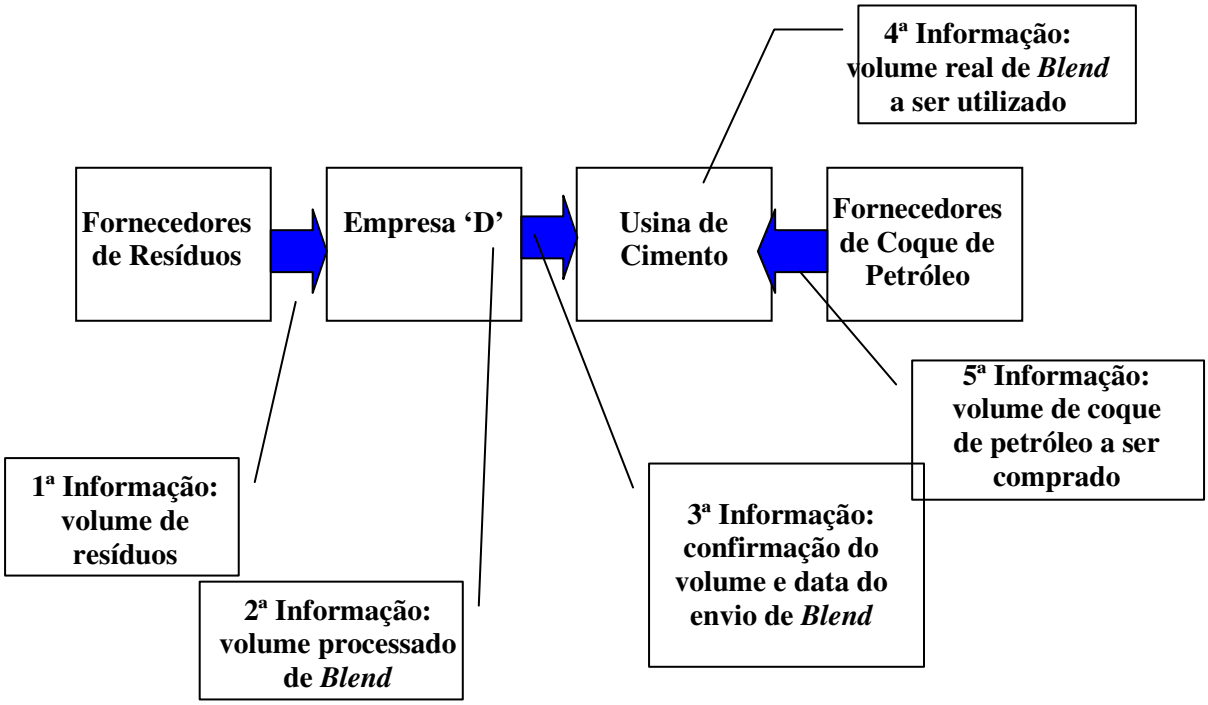


Figura 5.98 – Informações Disponíveis na Cadeia

Fonte – Elaborado pela Autora adaptado da Empresa 'D'

Tomando-se como base a Figura 5.99, o primeiro teste do modelo, se deu entre a Empresa ‘D’ e a Usina de Cimento. Começou-se mantendo a única informação que a Empresa ‘D’ passava para a Usina de Cimento, desta vez de forma sistemática, já que isto não era um procedimento comum. Então se passou a informar, sistematicamente, por correio eletrônico, a quantidade a ser faturada, de resíduo, diariamente. A partir de então, a Usina passou a conhecer a quantidade de composto que seria enviada. Como já foi mencionado anteriormente, a Empresa ‘D’, não forneceu qualquer dado sobre volume, tendo sido permitida somente uma simulação na implantação de um fluxo de informação que antes não existia, avaliando seu impacto na rotina de trabalho e de relacionamento de ambas as empresas. A Figura 5.100 mostra o primeiro teste do modelo ECO-*Kanban* na Empresa ‘D’.

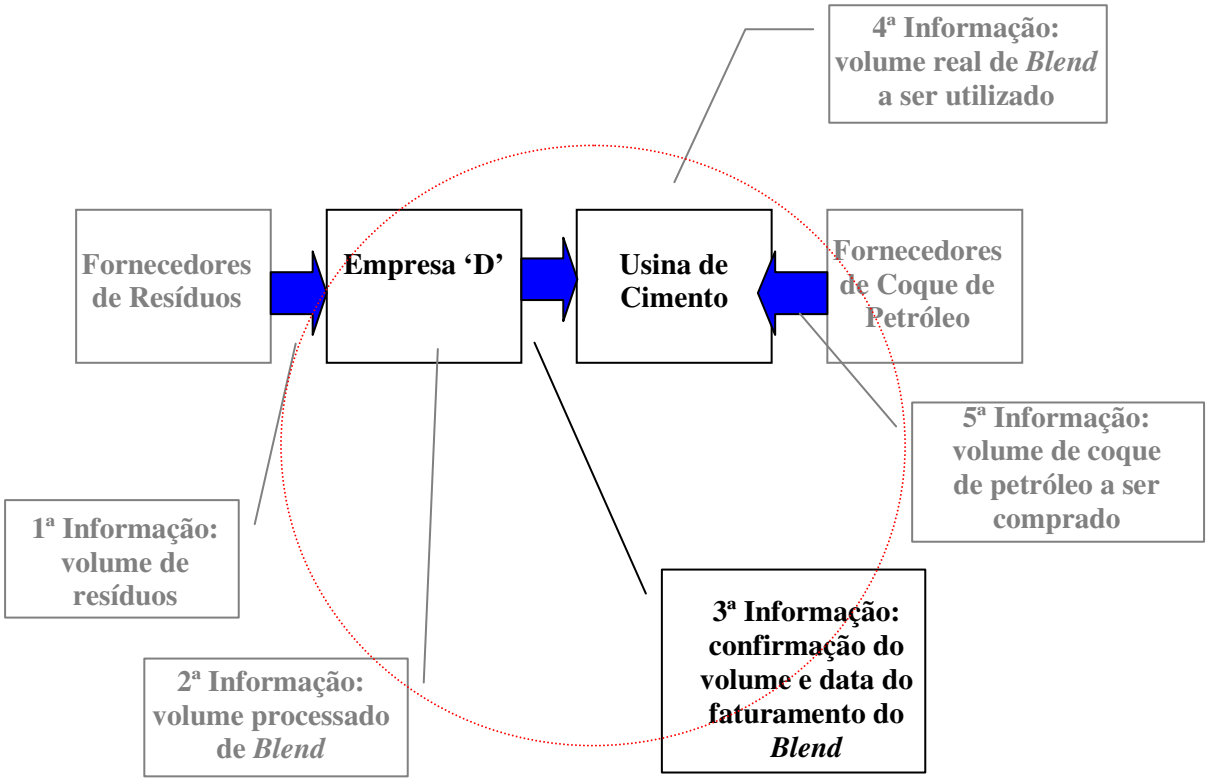


Figura 5.99 – Teste do Modelo ECO-*Kanban* na Empresa ‘D’ – 1ª Fase

Fonte – Elaborado pela Autora adaptado da Empresa ‘D’

A partir de então, as informações disponíveis começaram a ser utilizadas e trocadas sistematicamente. Isto começou a ser realizado logo no primeiro mês do teste do modelo, pois se considerou a situação antes do experimento até o mês imediatamente anterior. Num segundo momento passou-se a fornecer para a Usina de Cimento, quanto deveria sair dos fornecedores de resíduos, o volume resultante no final da blendagem e conseqüentemente quanto seria faturado. A Figura 5.100 mostra o posicionamento do ECO-*Kanban* numa segunda fase.

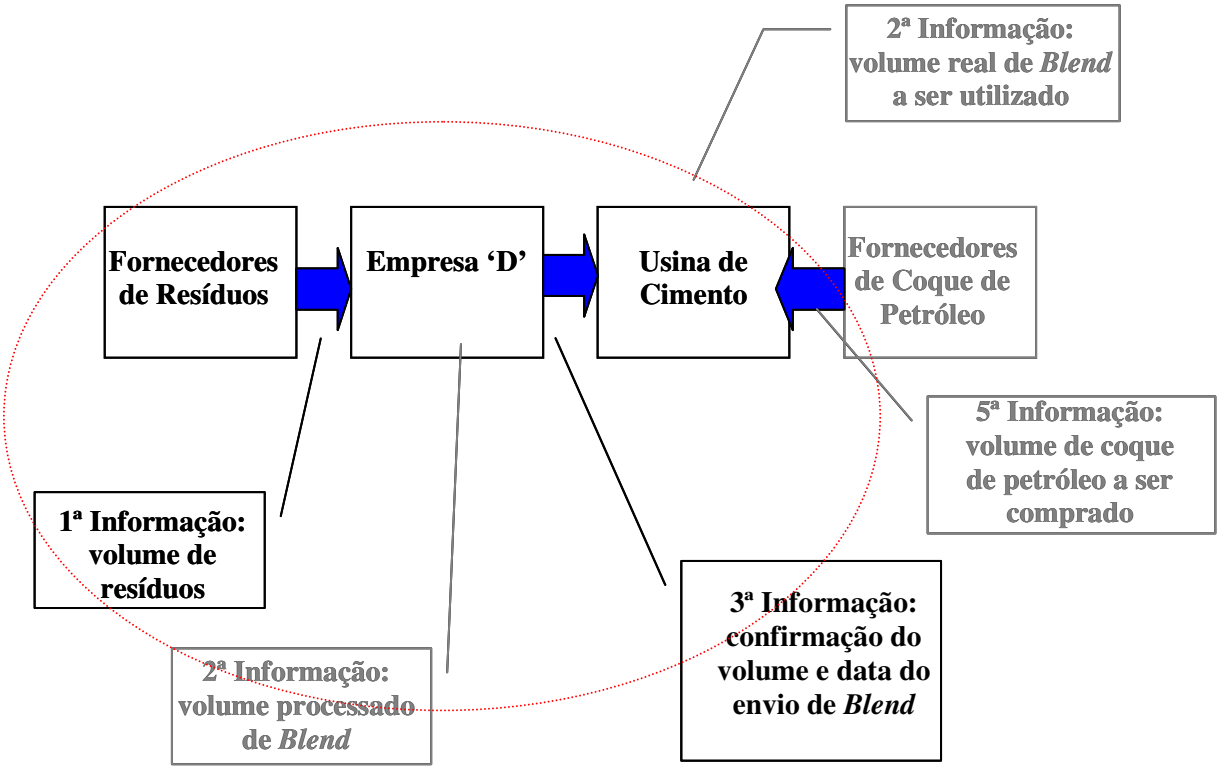


Figura 5.100 – Teste do Modelo ECO-*Kanban* na Empresa 'D' – 2ª Fase
Fonte – Elaborado pela Autora adaptado da Empresa 'D'

Na terceira fase do teste, já no último mês, como a Usina de Cimento antecipadamente conhecia os volumes de resíduo que seriam enviados, o fornecedor de coque de petróleo pode ser programado com antecedência, dispensando assim a necessidade de se manter altos níveis de estoque do material na Usina. A proporção 70% de coque de petróleo e 30% de resíduos (obrigatória para uma melhor *performance* do forno), pôde ser mantida com mais facilidade

no segundo mês, sendo necessária alteração destes percentuais somente quando da queda do nível energético durante a queima.

Os fatores observados anteriormente sofreram uma considerável melhora, principalmente por que a Usina não precisou desenvolver um método de controle do reaproveitamento de resíduo, para melhorar sua avaliação ambiental. A aquisição do coque de petróleo passou a ser planejada e controlada pela Usina de Cimento. Da mesma forma o reaproveitamento do resíduo.

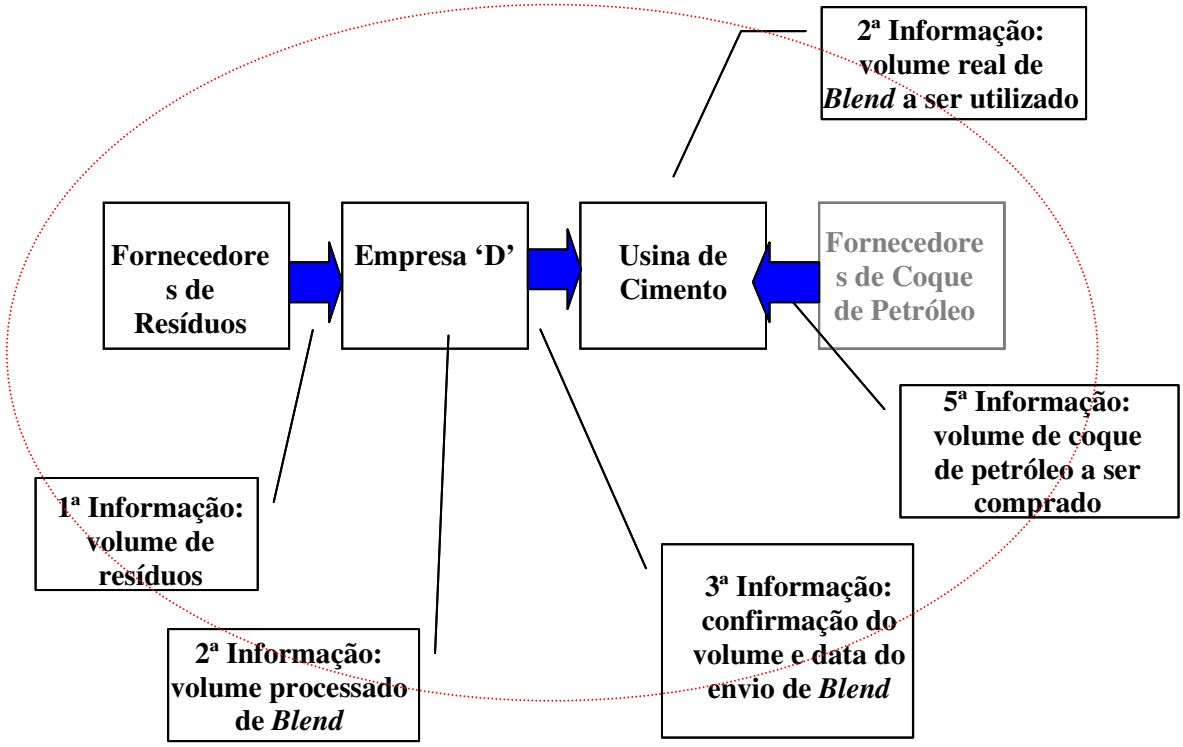


Figura 5.101 – Teste do Modelo ECO-*Kanban* na Empresa 'D' – 3ª Fase

Fonte – Elaborado pela Autora adaptado da Empresa 'D'

A Figura 5.102 mostra o desenho tradicional do modelo, devidamente posicionado na cadeia da Empresa 'D'.

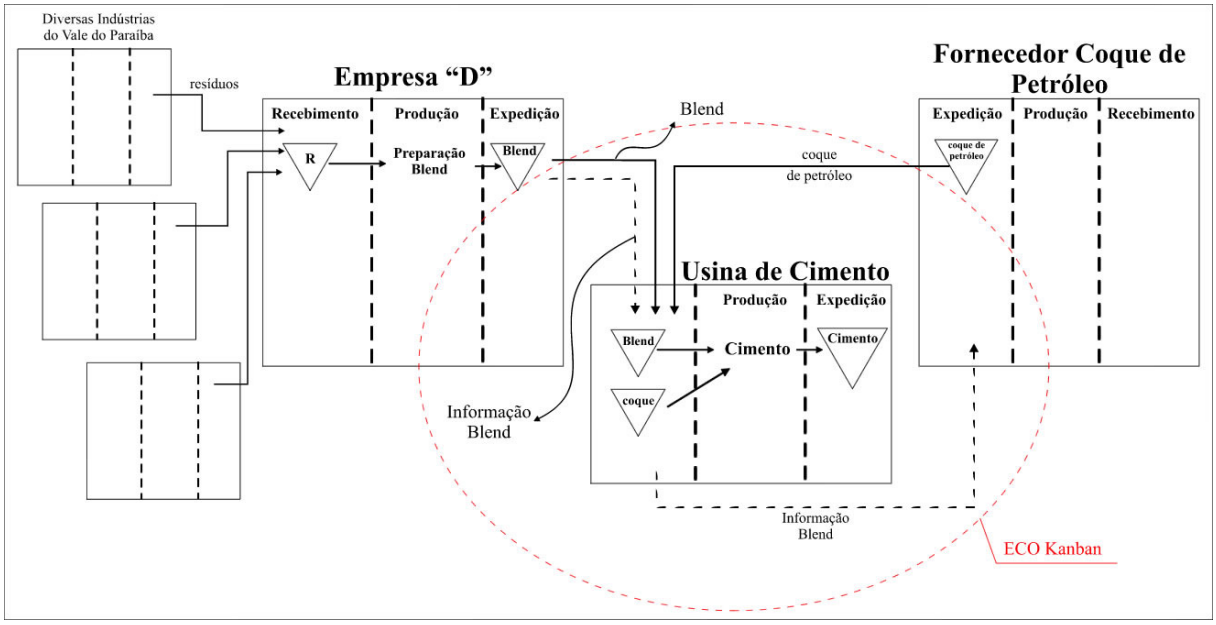


Figura 5.102 – Posicionamento do ECO-*Kanban* na Empresa'D

Os Gráficos 5.8 e 5.9 apresentados mostram os resultados da simulação do consumo dos volumes de coque de petróleo de *Blend* pela Usina de Cimento, durante os dois meses do teste do modelo. No primeiro mês, a Usina de Cimento, como ainda não trabalhava com a informação sistematizada, apresentou consumos maiores de coque de petróleo. Já no mês de dezembro de 2008, com a possibilidade da informação completa e sistematizada, a condição de se programar a compra do combustível fóssil apresentou-se mais ajustada e o consumo do resíduo, garantido. É importante lembrar que o fornecedor de coque de petróleo não participou diretamente do teste. As informações foram passadas pela Usina de Cimento. Da mesma forma, as informações das empresas fornecedoras de resíduo foram passadas pela Empresa 'D'.

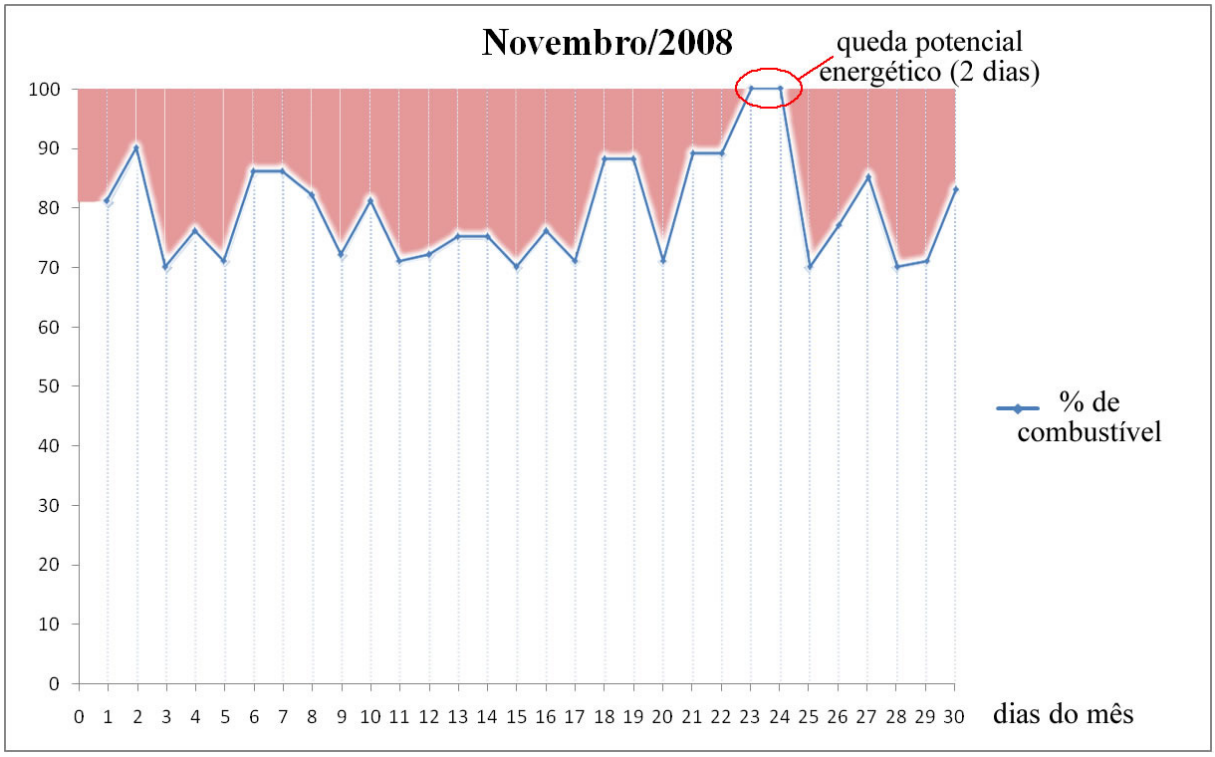


Gráfico 5.8 – Acompanhamento dos Resultados – Novembro/2008 – Parcial 1ª e 2ª Fases

Fonte – Elaborado pela Autora adaptado da Empresa 'D'

O Gráfico 5.8 apresenta os dados que foram colhidos antes da utilização do Modelo, antes mesmo da primeira fase do referido teste. Utilizava-se grande quantidade de coque de petróleo, quantidades esta maior em determinados momentos, que elevavam seu consumo do patamar de 70%, máximo permitido quando do compartilhamento com o resíduo, para 100%. Nos dois dias mostrados, não se utilizou como combustível o resíduo industrial, um acontecimento indesejável, não esperado pela Usina.

Já o Gráfico 5.9, mostra um compartilhamento no consumo de coque de petróleo e resíduo industrial, mais estável e controlado. Utilizou-se a informação sistematizada, ou seja, a cada etapa do processo, desde as indústrias fornecedoras de resíduo, até a saída deste resíduo já processado, 'blendado', para ser enviado para a Usina de Cimento, os dados de estoque e *status* do processo foram compartilhados entre os membros da cadeia.

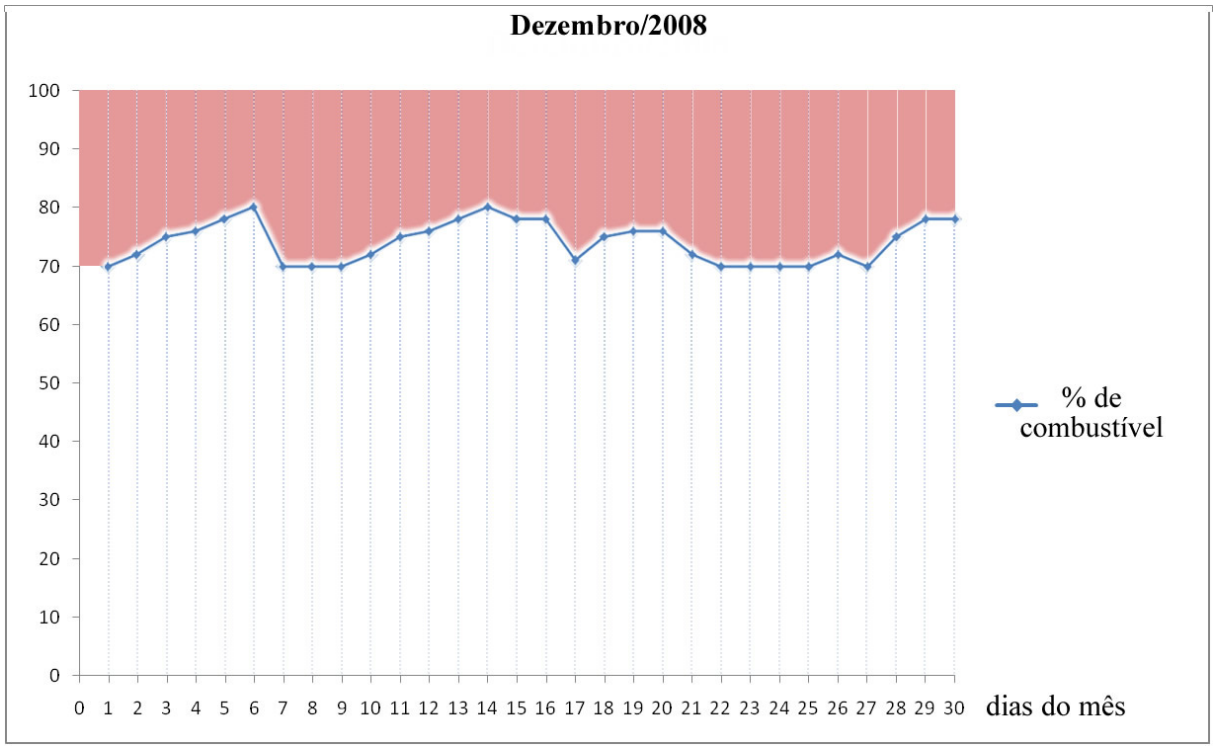


Gráfico 5.9 – Acompanhamento dos Resultados – Dezembro/2008 – 3ª Fase

Fonte – Elaborado pela Autora adaptado da Empresa 'D'

É certo que com a necessidade da disposição dos resíduos industriais, não devem faltar oportunidades de redução na utilização de derivados de produtos que oneram o meio ambiente. Neste caso da Empresa 'D', a queima do coque de petróleo favorecia um aumento dos índices de poluição, que eram constantemente monitorados e fiscalizados pelos órgãos governamentais. A maioria das Usinas de Cimento no Brasil e no mundo passa por este mesmo problema.

De acordo com o que foi mostrado, arranjos adequados entre ferramentas já utilizadas na área de operações e iniciativas benéficas na extinção de fontes poluentes, foi possível a diminuição das quantidades de resíduos dispostos em condições prejudiciais para empresas e meio ambiente.

CAPÍTULO 6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo pretende apresentar, os dados colhidos neste trabalho, com o objetivo de analisar e comparar o que foi visto no teste do Modelo ECO-*Kanban*. Serão apresentados alguns fatos que aconteceram antes, durante e depois do teste do modelo e o que foi encontrado, que evidenciou os resultados positivos no reaproveitamento dos resíduos escolhidos para a pesquisa, gerados por cada uma das empresas.

6.1 Apresentações das Empresas

Foram definidas para a pesquisa deste trabalho, quatro empresas, concentradas no Vale do Paraíba, três delas geradoras de resíduos e uma do próprio segmento de reaproveitamento destes resíduos. Cada uma delas definiu em qual parte do processo produtivo o modelo deveria ser testado e conseqüentemente qual resíduo, gerado neste processo, poderia ser utilizado na comprovação de seu reaproveitamento.

Em cada uma das empresas, foi verificada a existência de algumas premissas, consideradas básicas, que poderiam auxiliar o teste do modelo: uma estrutura formal de gestão de resíduos, a existência de sistemas informatizados de programação, a existência de sistemas colaborativos entre as empresas e seus clientes e fornecedores e a utilização do *kanban*, como forma de chamada de algum tipo de recurso, na produção. A existência ou não destas premissas, não impediu em nenhum momento que o modelo fosse testado. Procedeu-se ao teste em cada uma das empresas que se apresentaram com cenários completamente distintos.

O modelo foi testado em uma determinada área, considerando um possível fluxo de reaproveitamento de um determinado resíduo. Observou-se então que o fluxo de informação sistematizado entre os membros da cadeia, internos e externos, poderia de alguma forma viabilizar, melhorar ou recriar o fluxo reverso de reaproveitamento deste resíduo.

Conforme foi mostrado no capitulo cinco, a descrição dos resultados de cada teste foi apresentada de maneira quantitativa, por meio do aumento do percentual do volume do resíduo reaproveitado e de maneira qualitativa, por meio de fluxos de informação e de materiais criados com a existência do ECO-*Kanban*.

O Quadro 6.1 mostra de forma sintetizada e agrupada os dados que foram colhidos na pesquisa empírica. Este quadro auxilia na visão global das informações e dos resultados obtidos.

Quadro 6.1 – Resumo dos Dados Obtidos no Trabalho

	Empresa A	**Empresa B**	**Empresa C**	**Empresa D**
Principal Produto	Vidros Planos	Veículos (carros) para mercado internacional e doméstico	Turbinas, reatores, motores, geradores. Peças para mecânica pesada	Blend para fornos de cimento
Onde foi aplicado o ECO-Kanban	No processo de colocação de resina nos vidros dos veículos	Na área da estamparia das partes externas dos veículos	Na área de usinagem das peças de aço inox	Na composição do Blend
Tipo de Resíduo	Resina Polivinilbutiral (PVB)	Aço	Aço inox	Resíduos industriais não perigosos
Situação antes da aplicação do Modelo	Com PCP, sem Kanban, sem sistemas colaborativos, com sistema de gestão ambiental sem sistematização	Com PCP, sistemas colaborativos, kanban, sistema de gestão ambiental mas sem sistematização	Com PCP, sem Kanban, sem sistemas colaborativos, com sistema de gestão ambiental sem sistematização	Com sistema de gestão ambiental robusto mas sem PCP, Kanban e sistemas colaborativos
Situação depois da aplicação do Modelo	Envio de todo o resíduo gerado para o fornecedor de PVB para reaproveitamento	Retirada de todos as caçambas de resíduo da área de produção	Definição das quantidades de resíduo por processo, agilização do processo de carta convite, e acuracidade na provisão de recursos	Dados sobre resíduos, informações integradas, planejamento dos processos
O Resultado esperado foi obtido?	Sim	Sim	Sim	Sim
Evidência da confirmação da Hipótese	Área de produção e almoxarifado sem estoque de resíduo de PVB; Reaproveitamento pelo fornecedor.	Área de produção sem estoque de caçambas de resíduo; Auto peça sendo feita com 100% do resíduo	Movimentação do resíduo na produção por meio do kanban; acuracidade na provisão das lixas.	Utilização descrescente de coque de petróleo na produção de cimento

6.2 Apresentação Conjunta dos Dados Obtidos nos Casos

Considerando-se os tópicos apresentados no Quadro 6.1, segue-se a descrição dos resultados obtidos nas empresas:

6.2.1 Produto Principal e Tipo de Resíduo

A definição das empresas onde o modelo seria testado deu-se por escolha e iniciativa da própria empresa. A empresa permitiu que o teste fosse realizado em suas dependências, pois o foco do trabalho, na atualidade, vem merecendo toda a atenção dos profissionais de várias áreas.

Da mesma forma, os resíduos provenientes de seus processos: vidro, aço e resíduos industriais já estavam cercados de iniciativas de reaproveitamento e reuso. O desafio do ineditismo fez com que fossem procuradas empresas que já pudessem ter alguma forma de sistematização na gestão de resíduos, ou que já possuíssem sistemas colaborativos e de programação.

Outro fator percebido na análise do produto e resíduo foi a posição das empresas na cadeia produtiva. Todas são empresas multinacionais, inclusive seus fornecedores e duas delas são empresas principais da sua cadeia produtiva. Algumas delas vêm criando, investindo e difundindo conhecimento. Por este motivo, algumas estruturas formais de gerenciamento das atividades que foram vistas nestas empresas, já eram esperadas.

6.2.2 Tipo de Resíduo

Os resíduos de cada uma das empresas pesquisadas são resíduos de fácil retorno para a cadeia produtiva, historicamente já estão sendo gerenciados com uma visão de sustentabilidade. É importante lembrar, que a definição da área onde seria testado o modelo ficou a critério das empresas. Verificou-se que elas escolheram locais onde já havia se instalado um grande número de perdas. Por exemplo, na Empresa ‘A’, a resina de PVB já vinha causando problemas pela falta de uma área para estocagem, contaminação e ausência de um procedimento para reaproveitamento. Nas Empresas ‘B’ e ‘C’, os resíduos escolhidos eram, historicamente, os mais nobres para o reaproveitamento.

6.2.3 Situação Antes da Aplicação do Modelo ECO-*Kanban*

Nas empresas pesquisadas, havia uma geração de grande quantidade dos resíduos escolhidos para a pesquisa. Todas elas buscavam um procedimento adequado para a disposição destes resíduos, mas, devido à necessidade de concentrar esforços para as áreas produtivas, pouco se fazia com relação a isto. As quatro empresas definidas são empresas multinacionais de grande porte. A busca pela criação de procedimentos formais de reaproveitamento de resíduos era mais visível primeiro na Empresa 'B' e depois na Empresa'A' (lembrando que a Empresa 'B' era uma montadora de veículos). Como o *core business* da Empresa 'D', era a produção de *blend,* produto que tem como matéria prima o próprio resíduo, estava explícita em seu trabalho a formalização do procedimento. A Empresa 'C', não possuía preocupação em transformar o procedimento atual (Carta Convite), em um procedimento de disposição sustentável, mas, permitiu que o teste fosse realizado da maneira correta.

Toda a sistematização existente nas quatro empresas, não englobava, em nenhum dos casos, a gestão de resíduos. Qualquer informação sistematizada ou não, integrada com a cadeia, também não contemplava as ações desta gestão. O gerenciamento dos resíduos industriais era restrito somente a sua estocagem em algum lugar da fábrica que não impedisse a movimentação da produção. Posteriormente os resíduos eram simplesmente retirados por empresas informais de reaproveitamento e destinados à aterros de resíduos industriais.

6.2.4 Situação Depois da Aplicação do Modelo ECO-*Kanban*

Na Empresa 'B', onde já se existia um procedimento de reaproveitamento do aço da área de estamparia, ficou mais fácil, após o teste do modelo, o ajuste de algumas ações, que serviram de complemento para o que já existia. No final do teste, a Empresa 'B' e seu fornecedor de autopeça já estavam negociando novos preços para produtos que eram feitos com o resíduo da produção de veículos.

A Empresa 'A' procurou primeiro operacionalizar as ações de reaproveitamento com o fornecedor de PVB para comprovar os ganhos. Na realidade o fornecedor já havia manifestado o desejo de retirar este resíduo para reaproveitamento, mas não havia criado uma sistematização das ações, nem das informações. Aparentemente nem a empresa 'A', nem seu fornecedor haviam dado a devida importância a isto. Quando ambos verificaram os ganhos que poderiam ter com a prática do modelo – Empresa 'A', teria a redução do preço da matéria

prima e seu fornecedor, a redução na utilização de vários recursos para a produção do PVB -, procuraram inseri-lo em seu dia a dia.

A Empresa 'C', rapidamente adequou os recursos da área produtiva para o modelo (a pintura das caçambas para a prática do *kanban*). Também, procurou sistematizar a informação para a correta programação de compra da lixa copo. A maior dificuldade foi encontrada junto à área comercial, pois, pelo histórico de disposição deste resíduo considerado nobre (e de altíssimo valor no mercado), toda cautela deveria ser dada às modificações que eram propostas pelo modelo.

Para a Empresa 'D', somente faltava a sistematização do fluxo de informação do estoque dos resíduos. Isto foi feito e como o resultado foi positivo, estendido aos outros membros da cadeia.

6.2.5 Os Resultados Obtidos e suas Evidências

Em todas as empresas, os resultados obtidos foram positivos com a tendência, em alguns casos, de se transformarem em ganhos financeiros: diminuição nos preços das matérias primas, liberação de espaço na área dos almoxarifados, diminuição da quantidade do resíduo dentro da empresa, com retorno financeiro procedimentado daquilo que não seria mais utilizado.

Para a Empresa 'A', a retirada mais rápida das caçambas com os resíduos de dentro da fábrica, auxiliou tanto a liberação de espaço como evitou a contaminação do resíduo, fato este que acontecia quando se demorava muito tempo para que se completasse todo o processo de descarte. A contaminação dificultava o reaproveitamento e aumentava o volume (e os custos), destinado ao aterro.

A Empresa 'B' dinamizou as ações de reaproveitamento e conseguiu sistematizar o fluxo de informação de maneira mais fácil, pois, já possuía condições para isto. Logo apareceram ganhos financeiros consolidando o sucesso na implantação do modelo.

A Empresa 'C' encontrou uma forma de minimizar os problemas que possuía com a permanência das caçambas com resíduos, na área de produção, com o este do modelo. Algumas correções puderam ser feitas nas programações das peças e principalmente no ajuste correto das necessidades de compra de matérias primas.

A Empresa 'D' conseguiu estabelecer um fluxo de informação sistematizado com quase todos os membros de primeiro nível de sua cadeia produtiva.

CAPÍTULO 7 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo propor um modelo teórico do retorno da informação do estoque do resíduo industrial como forma de facilitar seu reaproveitamento. O modelo teve a idéia de sistematizar a informação do estoque do resíduo, como acontece com outras informações importantes para o planejamento de materiais e outros recursos para produção. A hipótese deste trabalho é respondida a seguir.

7.1 A concepção do modelo e a utilização do *kanban*

O Modelo do ECO-*Kanban* foi elaborado pensando-se em duas ferramentas importantes presentes em várias empresas na atualidade: informação e o *kanban.*

A utilização do *kanban* foi intencional, pois durante a construção do modelo, buscava-se uma forma de tornar a troca de informações para reutilização do resíduo automática, um sinal, de maneira que as empresas envolvidas visualizassem a disposição correta dos resíduos como uma obrigação. Pelo sucesso da filosofia do *lean manufacturing* e o desejo de muitas empresas em implantá-lo, foi mais fácil à aceitação e o entendimento do modelo, o que permitiu realizar em suas dependências do ECO-*Kanban*.

A não utilização dos conceitos e ferramentas do *lean manufacturing* em algumas empresas não impediu que a pesquisa fosse realizada. Em um determinado momento considerou-se que as empresas multinacionais, pudessem possuir algum sistema de planejamento e comunicação já implantado, para produção e gerenciamento de resíduos, mas isto não foi totalmente encontrado como se esperava.

O desejo de reduzir custos, atrelado à utilização da filosofia *lean*, fez com que as empresas verificassem que o modelo poderia ser uma proposta avançada e que no mínimo não traria prejuízos à organização.

Quanto à obrigatoriedade na reutilização do resíduo, o sinal sempre foi dado quando se formava a quantidade conhecida e determinada, ou seja, o sinal tornava conhecido o estoque de resíduo que deveria ser reaproveitado pelo fornecedor. As ações de planejamento para ambos ficaram mais claras, possíveis e óbvias.

7.2 Empresas onde o teste do modelo foi realizado

As quatro empresas que permitiram a realização do teste do modelo foram definidas primeiramente pelo seu potencial de geração e reaproveitamento de resíduos produtivos e pela proximidade com outras empresas de sua cadeia (fornecedores, clientes). Este potencial estava explícito na facilidade de reaproveitamento, inerente ao próprio resíduo, ou na intenção premente da empresa em reaproveitá-lo.

Ao realizar esta definição, foram procuradas empresas que reconhecidamente poderiam ter sistemas já instalados, ou que tradicionalmente utilizavam algum tipo de sistema de informação, computadorizado ou não, na área ambiental ou em áreas de produção. Encontraram-se empresas que, embora possuíssem sistemas computadorizados pouco haviam utilizado e desenvolvido em sustentabilidade e reaproveitamento de resíduos, embora desejassem isto. A presença de sistemas de planejamento, programação e controle da produção (ERP's ou SAP's), não implicava na utilização destes sistemas em outras áreas.

Importante ressaltar que em todas as empresas, algum sistema existia, seus empregados conheciam alguma forma de programação, os resíduos eram possíveis de serem reaproveitados e as empresas manifestavam desejo em reaproveitá-los, embora muitas delas ainda não houvessem encontrado uma oportunidade. A inserção de qualquer prática de reaproveitamento parecia sempre onerosa em tempo de recursos financeiros.

Outro fator importante é que outros membros da cadeia devem estar dispostos às ações de reaproveitamento e que todos de alguma forma ganhem com a iniciativa. Se isto for possível, haverá mais chances do modelo ser implantado. Em todas as empresas pesquisadas estes fatores foram encontrados.

7.3 A sistematização do fluxo da informação e o reaproveitamento dos resíduos industriais

Nas empresas gerenciadoras de resíduos industriais, onde se esperava encontrar a utilização de sistemas informatizados robustos, a sistematização não acontece. Nas outras indústrias, o reaproveitamento é sempre uma preocupação e todas as iniciativas são centradas em torná-lo verdadeiro. Mas a inserção dos dados para reaproveitamento, ainda não faz parte dos sistemas de planejamento, e sua administração ainda é informal.

Em todas as empresas pesquisadas, percebeu-se inicialmente uma igualdade de importância entre a prática do modelo e os acordos comerciais e operacionais entre cliente e fornecedor para o reaproveitamento, utilizando-se as premissas do ECO-*Kanban.* Esta importância devia-se ao fato de que a prática do modelo era um procedimento novo, que estava sendo testado, o cenário anunciava a proximidade (para algumas empresas), de uma crise financeira mundial. Todo o ambiente não favorecia a aplicação de algo que pudesse significar riscos. Mesmo assim, as empresas permaneciam ansiosas pelo que pudesse culminar em redução de custos e ineficiências.

Ainda, como foi mencionado no tópico 6.1, a informação sobre a presença do resíduo na cadeia, tornava-se cada dia mais conhecida. Se os fornecedores não retiravam o resíduo para reaproveitamento (e todos sabiam que isto já era possível), o volume continuaria aumentando, mostrando claramente que este estoque crescente, poderia se transformar em um sério problema. Quando a informação ainda não estava sistematizada, o problema ou não era considerado, ou era considerado responsabilidade da empresa cliente. A partir do momento em que o estoque do resíduo passou a ser conhecido, a solução do problema passou a ser responsabilidade de todos.

Com a apresentação dos dados colhidos nas empresas, verificou-se que quando a informação do estoque do resíduo torna-se uma informação compartilhada, seja através de um sistema informatizado, ou de um sistema administrativo, as ações que beneficiam seu reaproveitamento foram tomadas com precisão e objetivos definidos, somente pelo fato desta informação se tornar pública, conhecida, constante, precisa e confiável.

7.4 A colaboração dos demais integrantes da cadeia

É importante lembrar que o teste do modelo, em todas as empresas, foi composto por dois momentos: um primeiro momento onde sua prática não era realizada e, um segundo momento em que o ECO-*Kanban* passou a fazer parte do dia a dia das pessoas. Além deste fato, algumas empresas tiveram dificuldades em sincronizar as ações com parceiros da cadeia. Como a operacionalidade do processo não era complexa, rapidamente os parceiros foram ajustando suas ações.

Somente em uma empresa, a montadora de veículos, a comunicação colaborativa era utilizada. Então a informação do estoque pôde ser realizada sem problemas. Nas outras empresas embora não existissem sistemas de informação colaborativos, criou-se uma forma

única de comunicação, que passou a acontecer diariamente, facilitando a divulgação das informações que eram necessárias para a promoção do reaproveitamento do resíduo.

7.5 Recomendações para a implantação do Modelo

Para que seja implantado, o Modelo ECO-*Kanban* recomenda algumas considerações para sua implantação, que puderam ser observadas durante o teste realizado nas quatro empresas:

- Deve-se definir na empresa um local onde o modelo poderá ser implantado, preferencialmente em um processo produtivo cadenciado, ou um ponto onde se possa obter uma informação cadenciada do volume de produção;
- É importante que a cadência escolhida para o cálculo do *Kanban* (média/dia, média/ turno de trabalho, por exemplo), sofra pequenas alterações de volume, conforme previsto na sua metodologia;
- O Estoque de segurança deve cobrir o aumento do volume cadenciado até que o *kanban* seja novamente recalculado;
- O estoque de segurança pode ser composto com o máximo da capacidade produtiva, caso isto não onere a empresa. Gradativamente isto pode ir sendo reduzido conforme haja a credibilidade no novo procedimento.
- Qualquer tipo de resíduo poderá ser escolhido para a implantação do modelo, exceto os resíduos perigosos, conforme classificação da ABNT;
- Os resíduos utilizados deverão possuir uma viabilização técnica de reaproveitamento na cadeia e um acordo comercial com fornecedores que desejem reaproveitá-lo.

7.6 Sugestões para estudos futuros

Durante a execução da pesquisa empírica, alguns acontecimentos auxiliaram o desenvolvimento da coleta de dados, outros não. Estes acontecimentos foram então

classificados como Fatores de Positivos e Fatores Negativos, e podem ser utilizados para a elaboração de projetos futuros:

A. Fatores Positivos:

- O contato com grandes empresas multinacionais para conhecer seus processos produtivos e suas iniciativas em transformar sua produção em uma PmaisL, inclusive conhecendo informações que não foram reveladas a outras pessoas;
- A oportunidade de discutir com pessoas das empresas e de seus fornecedores, o assunto central do trabalho, e receber informações e novas idéias, para esta e para outras pesquisas;
- O conhecimento de algumas informações como problemas, defeitos, custos, também foram mencionadas, fazendo com que os dados para o trabalho pudessem se tornar mais confiáveis e corretos;
- A abertura de discussão tanto para fornecedores, quanto para clientes de quase todas as indústrias visitadas;
- Implantação de parte da proposta já se encontra em atividade em uma das empresas;
- A constatação de que as empresas não possuíam uma informação sistematizada, e conseqüentemente um fluxo claro, já instalado, que facilitasse a disposição adequada de seus resíduos;
- A possibilidade de novos estudos de casos já iniciados em mais duas empresas do Vale do Paraíba: uma produtora de componente eletro eletrônica e outra de produção de peças para motores de veículos.

B. Fatores Negativos:

- A dificuldade em se conseguir a autorização para visitas constantes nas empresas. A demora entre uma visita e outra causou perda de alguns dados, embora a pesquisa tenha começado em 2005;
- A presença da idéia de que o modelo já estava implantado, ou o tema não era inédito, apenas pelo fato da empresa possuir alguma iniciativa de reaproveitamento;

- A ausência de sistemas para cálculo de necessidades de matéria prima e produto acabado, um MRP *(Manufacturing Resources Planning*) ou de gerenciamento empresarial, ERP (*Entreprise Resources Planning*), na maioria das indústrias, apesar de serem indústrias multinacionais conceituadas no mercado;
- A falta de acordos para reaproveitamento de resíduos, de toda forma, entre integrantes das cadeias. Ainda estas iniciativas estão sendo movidas por pressões externas de prováveis passivos ambientais;
- A falta de uma preocupação em se criar processos onde seja possível o reaproveitamento ou a minimização dos materiais inerentes de uma produção, sejam resíduos, materiais para retrabalho, produtos acabados;
- A falta de uma ferramenta 'de sinal' como o *kanban*, ou outra ferramenta operacional para uma chamada de recursos. As organizações possuem elaborados estudos de métodos produtivos que podem ser utilizados no alcance da sustentabilidade.

Dos pontos apresentados acima, estes três últimos farão, com certeza, parte de uma proposta para estudos científicos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R. **Filosofia da Ciência: Introdução ao Jogo e suas Regras**. 21ªEdição, São Paulo: Editora Brasiliense, 1995.

ALVES, C.L. TARGINO, I.M. **Considerações sobre a orientação externa da indústria brasileira na década de 90.** Revista Pesquisa e Debate, Volume 17, Numero 2, P. 237-257. São Paulo, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) – **NBR 1004** – **Resíduos Sólidos – Classificação** (1987) Disponível em http://www.abnt.br . Acesso em 06.09.2009

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) – **NBR 12980** – **Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos urbanos** (1993) Disponível em http://www.abnt.br Acesso em 06.09.2009.

BARBIERI, J.C**. Gestão Ambiental Empresarial: Modelos, Conceitos e Instrumentos**. São Paulo: Editora Saraiva 2006.

BARBOUR, A.M.A. **Jornalismo Ambiental**. Curso de Jornalismo da Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal. Tese de Doutorado, 2003.

BARDIN L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa, Editora Edições 70, 2004.

BERKLEY, B.J. ***A Review of the Kanban Production Control Research Literature.*** Production and Operations Management Magazine, Volume 1, *Issue* 4, *InterScience*, 2009.

BERTÉ, R. **Gestão Socioambiental no Brasil.** São Paulo, Editora Saraiva, 2009.

BERTO, R.M.V. S; NAKANO D.N. **A Produção Científica no Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Um Levantamento de Métodos e Estilos de Pesquisas**. Anais do XIX Encontro de Engenharia de Produção – ENEGEP. Rio de Janeiro: 1999.

BRYMAN A. ***Social research methods*** . 3ª Edição. Oxford University Press, 2008.

CALIA, R.C. A **Difusão da Produção Mais Limpa: O Impacto do Seis Sigma no Desempenho Ambiental sob o Recorte Analítico de Redes**. São Carlos, 2007. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de são Carlos.

CARVALHO, L. E. X. **Desenvolvimento de Solução Integrada de Limpeza Urbana e Ambiente**. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: UFRJ, 2001.

CASAGRANDE JR, E.F. **Inovação e Sustentabilidade: Possíveis Ferramentas para uma Necessária *Interface***. Revista Educação e Tecnologia. Núcleo de Gestão Tecnológica da Universidade Federal do Paraná, 2004.

CHAVES, G. L. D; MARTINS, R.S. **Diagnóstico da Logística Reversa na Cadeia de Alimentos Processados no Oeste Paranaense**. In: VIII Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais (SIMPOI), ago. 2005, São Paulo.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Rede de Produção mais Limpa: **Relatório de Atividades (1999-2002).** Rio de Janeiro: Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável, 2003

CRUZ-RIVERA, R.; ERTEL, J. ***Reverse Logistics Network Design for the Collection of End-of-Life Vehicles in Mexico***. European Journal of Operational Research, 196. P. 930-939, 2009.

DE-CROIX, G.A; SONG, J.S.; ZIPKIN, P.H. ***Managing an Assembly-to-Order System* with *Returns.*** Manufacturing and Services Operations Management. Volume 11, N. 1, P. 144-159, 2009.

DEMAJOROVIC, J. **Da Política Tradicional de Tratamento do Lixo à Política de Gestão de Resíduos Sólidos: As Novas Prioridades**. RAE Ambiental, Maio-Junho, 1995.

DENNIS, P. **Produção *Lean* Simplificada: Um Guia para Entender o Sistema de Produção mais Poderoso do Mundo**. Porto Alegre, Editora Bookman, 2008**.**

FIKSEL, J. ***Ingeniería de Diseño Medioambiental. DEF: Desarrollo integral de productos* y *processos ecoeficientes***. Madrid, Editora MacGrawHill, 1997.

FROTA NETTO, et. ali. **A Methodology for Assessing Eco-efficiency in Logistics Network.** European Journal of Operational Research, 193, P. 670-682, 2009.

FUNDACION ENTORNO BCSD ESPAÑA. *Consejo Empresarial Español para el Desarrollo Sostenible. Documento Acción CO2.* ***Compromisso Empresarial para la Reducción de CO2***. On line. Disponivel em www.fundacionentorno.org. Acesso em 07.12.2008.

GONÇALVES, M.E; MARINS, F.A.S. **Logística Reversa em uma empresa de Laminação de Vidro: Um Estudo de Caso**. Gestão da Produção Magazine, v.13, n.13, set-dez 2006.

HAGAR, S, E. ***Sustainable Industrial Design and Waste Management***. Editora Academic Press, 2007.

HAMZAGIC, M; FRANCISCHINI, P.G. **ECO-*Kanban* e a Sistematização da Comunicação no Reaproveitamento de Resíduos Industriais: Um Estudo de Caso de uma Indústria Produtora de Vidros Automotivos**. XVI SIMPEP, Bauru, 2009.

HAMZAGIC, M; FRANCISCHINI, P.G. ***ECO-Kanban: Reverse Logistics and the Recycling of Industrial Waste*****.** ODAM, São Paulo, 2008.

HARALD, D.; LACKES, R.;REESE, J. ***Supply Chain Management and Reverse Logistics***. New York, Editora Springers, 2004.

HOJE NOTÍCIAS. Jornal Virtual. **Tratamento de resíduos industriais no Brasil dobra em três anos**. Disponível em www.hojenoticias.com.br. Acesso em 05.08.2009.

HSU, H.S.; ALEXANDER, C.A.; ZHU, Z**.** ***Understanding the Reverse Logistics of a Retailer***: a Pilot Study. Industrial Management & Data System, Volume 109, N. 4, 2009.

JABER, M.Y.; EL SAADANY. ***The Production, Remanufactured and Waste Disposal Model with Lost Sales***. International Journal Production Economics, 120, P. 115-124, 2009.

KETZENBER, M. ***The Value of Information in a Capacitated Closed Loop Supply Chain.*** European Journal of Operational Research. N.198, P- 491-503, 2009.

KIPERSTOCK, A. **Tendências Ambientais do Setor Automotivo: Prevenção da Poluição e Oportunidades de Negócio**. Revista *Nexus*, Curso de Mestrado em Economia da Universidade Federal da Bahia, Setembro 2000.

KOLK A. ***A Decade of Sustainability Reporting: Development and Significance.*** International Journal Environment and Sustainable Development. Volume 3, N. 1, 2004.

KROON, L. VRIJENS, G. ***Returnable Containers: An Example of Reverse Logistics*****.** International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. 1995, Volume 25, Issue 2, 2004.

LEE, C.K.M.; CHAN, T.B. ***Development of RFID-based Reverse Logistics System***. **Expert Systems with applications**, 36, P.9299-9307, 2009.

LIMA, S. M. V.; CASTRO, A. M. G. de: MENGO, O.; MEDINA, M. ; MAESTREY, A.; TRUJILLO, V.; ALFARO, O. **La dimensión "Entorno" en la construcción de la sostenibilidad institucional.** ISNAR, Proyecto Nuevo Paradigma, San Jose, Costa Rica, 2001.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: Requisitos Ambientais dos Produtos Industriais**. São Paulo, Editora EDUSP, 2005.

MATOS, S.V.; SCHALCH, V. **Alternativas de Minimização de Resíduos da Indústria de Fundição**. Anais do *Congresso Interamericano e Ingenieria Sanitaria y Ambiental*. Porto Alegra, 2000.

MELO, M.T.; NICKEL, S,; SALDANHA DA GAMA, F. ***Facility Location and Supply Chain Management***. European Journal of Operational Research 129, P. 402-412, 2009.

MINAYO,M.C.S.(Organizadora). **Pesquisa Social: Teoria, Método e Criatividade**. Petrópolis, Editora Vozes, 2001.

MOREIRA, M.S. **Estratégia e Implementação do Sistema de Gestão Ambiental**. Modelo ISO 14000. Belo Horizonte: Editora Desenvolvimento Gerencial, 2001.

MONTEIRO, J.H.P.et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro, IBAM, 2001.

NUNES, K.R.A.; MAHLER, C.F.; VALLE, R.A.***Reverse Logistics in the Brazilian Construction Industry.*** Journal of Environmental Management, 90, P. 3717 – 3720, 2009;

PACE, J. H. **O Kanban na Prática.** São Paulo, Editora Qualitymark, 2003

PHILIPI JR, A.; KAMIMURA, Q. P; HAMZAGIC, M. **Reaproveitamento de Resíduos Industriais em uma Montadora de Veículos**. Anais do International Congress University Industry Cooperation, UNINDU, 2004.

PORTO, L.C. **ISO 14000 e Desempenho Ambiental**. Revista Eletrônica Gestão Ambiental, 07.06.2003. Disponível em www.gestaoambiental.com.br/articles, acesso em 14.11.2009.

D.S.; ROGERS, D.; TIBBEN-LEMBKE, R. ***An examination of reverse logistics practices***. Journal of Business Logistics, v. 22, n. 2, p.129-148, 2001.

ROBERT K.H; ***The natural step:*** **A História de uma Revolução Silenciosa**. São Paulo: Editora Cultrix, 2002.

ROCHA, J.C; CHERIAF, M. **Aproveitamento de Resíduos na Construção**. Revista Coletânea Habitare, especial Utilização de Resíduos na Construção Habitacional. On line. Volume 4, 2001, disponível em http://www.habitare.infohab.org.br.

ROSA, D.S.; GUEDES, C.G. F. **Desenvolvimento de Processo de Reciclagem de Resíduos Industriais de Poliuretano e Caracterização dos Produtos Obtidos.** Polímeros, *Print Version,* São Carlos, 2003.

ROOM, J.J. KOZELKA, P.R. ALVARES JR, M. **Empresas EcoEficientes**. São Paulo: Editora Signus, 2004.

SAEN, R.F. A ***New Model for Selecting Third-Party Reverse Logistics Providers in the Presence of Multiple Dual Role Factors***. International Journal of Advanced Manufacture Technology, 2009.

SANCHES L. E. **Desengenharia: O Passivo Ambiental na Desativação de Empreendimentos Industriais**. São Paulo: Editora Edusp, 2001.

SANTI, A.M.M. SEVÁ FILHO, A.O. **Combustíveis e Riscos Ambientais na Fabricação de Cimento**. II Encontro Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade – ANPPAS. Belo Horizonte, 2004.

SHINGO S. A **Study of Toyota Production System: Produce What is Needed When is Needed.** Nova York, Editora Productivity Press, 1990.

SHINGO S. **O Sistema Toyota de Produção: Do Ponto de Vista da Engenharia de Produção.** Porto Alegre, Editora Bookmann, 1996.

SISSINO, C.L; MOREIRA, J.C. **Ecoeficiência: um instrumento para a redução da geração de resíduos e desperdícios em estabelecimentos de saúde.** Cadernos de Saúde Pública, /volume 21 Nº 6, Rio de Janeiro, Nov/Dec 2005.

SUBRAMONIAN, R.; HUISINGH, D.;CHINNAN, R.B. ***Remanufacturing for Automotive After-market Strategic Factors: Literature Review and Future Research Needs***. Journal of Cleaner Production, 17, P. 1163- 1174, 2009.

TUNZA MAGAZINE – ***Our Planet: Climate changes and economic development*** **2006** - Volume 2, Número 3, Reduce, Reuse, Recycle, Repair – 2005

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP ***GeoYear Book 2004/5 An overview of our Changing Environment*****, UNEP** – Disponível em http:// www.unep.org. Acesso em 02.04.2008.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. ***Environmental Impact Assessment Training Resource Manual***. Volume 2, Topico 7 ***Framework for impact mitigation (2007)*** – Disponível em http://www. unep.org/publications/ebooks/kick-the-habit. Acesso em 15.06.2008.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME . ***Kick the habit – Un Guide to climate neutrality (2008)*** – Disponível em http://www. unep.org/publications/ebooks/kick-the-habit. Acesso em 13.01.2009.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP ***Cleaner Production Worldwide*** – Disponível em http:// www.unep.org. Acesso em 07.08.2009.

WILKINSON, B.; OLIVER, N. **Power, Control and the Kanban**. *Jornal of Management Studies*, Volume 26, *Issue* 1*, InterScience*, 2007.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. **Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation**. Nova York, Editora Simon & Schuster, 1996.

WOODY JR (Coordenador). **Mudança Organizacional**. 2a. Edição, São Paulo: Editora Atlas, 2004.

WORLD COMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT – ***Our Common Future***, Oxford Paperbacks , 2007