

Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

A Logística Reversa de Pneus Inservíveis: O Problema da Localização dos
Pontos de Coleta

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção
do título de Mestre em Engenharia de Produção.

LEONARDO SOHN NOGUEIRA RAMOS FILHO

Orientador:
Prof. Dr. Sérgio Fernando Mayerle

Florianópolis
2005

A LOGÍSTICA REVERSA DE PNEUS INSERVÍVEIS: O PROBLEMA DA LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA

Leonardo Sohn Nogueira Ramos Filho

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de **MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO** e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.
Coordenador do Curso

Prof. Sérgio Fernando Mayerle, Dr
Orientador

Banca Examinadora:

Prof. João Neiva de Figueiredo, Ph.D
Membro

Prof. Antônio Sérgio Coelho, Dr.
Membro

Prof. Mirian Buss Gonçalves, Dra.
Membro

Para minha filha Lara, minha bizunguinha.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à minha esposa Karin pelo apoio permanente e por toda ajuda e dedicação nas longas horas de conversa sobre o tema.

A minha família por sempre apoiar e incentivar os meus estudos.

Ao meu orientador, Sergio Fernando Mayerle, pela sua orientação segura e sugestões que muito contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço também por sua paciência em me atender em horários que me eram convenientes.

A empresa BSColway, na pessoa de Priscilla Bonacim, que sempre me atendeu fornecendo as informações necessárias para a realização deste trabalho.

Aos meus grandes amigos de graduação Paulete, Narelha, Anão e Santa pela constante amizade. E também aos amigos da “cerveja de quinta” que durante esse período não puderam contar com minha presença constante.

A humildade é a viga mestra das virtudes;
sem ela tudo vem ao chão.

Orlando Paes Filho

RESUMO

O objetivo deste trabalho consiste em localizar um conjunto de centros de coleta de materiais inservíveis, para fins de reciclagem ou disposição final, de forma a atender metas de coleta pré-estabelecidas, por parte da empresa responsável pelo processo. Para incentivar o processo, a empresa remunera os coletadores que atuam junto aos diversos locais de coleta, em um valor fixo por unidade coletada e entregue no local de destino final. Para minimizar os custos envolvidos, é considerado que os agentes coletadores reúnem-se na forma de associações, de modo a concentrar o material em pontos de coleta a serem localizados na área em estudo, e a partir destes pontos, usando modais de maior capacidade e menor custo, transportar o material coletado para o destino final. A fim de resolver este problema, é apresentado um modelo de programação matemática inteira, o qual é resolvido com a aplicação de uma variante do algoritmo de substituição de vértices proposto por Teitz & Bart. O modelo foi aplicado no estudo da logística reversa de coleta de pneus inservíveis, por parte de uma empresa que atua no mercado definido pelos estados do Paraná, São Paulo e Santa Catarina.

ABSTRACT

The aim of this work consists of locating a group of centers of collection of useless materials, for recycling ends or final disposal, in a way to assist pre-established collection goals, on the behalf of the responsible company for the process. To motivate the process, the company pays the collectors, that work close to the several collection places, with a fixed value for collected unit delivered at the place of final destiny. To minimize the involved costs, it is considered that the collecting agents are organized in the form of associations, in way to concentrate the material in collection points located in the area in study, and starting from these points, using modal of larger capacity and smaller cost, to transport the material collected for the final destiny. In order to solve this problem, a model of integral mathematical programming is presented, which is solved with the application of a variant of the algorithm of substitution of vertexes proposed by Teitz & Bart. The model was applied in the study of the reverse logistics of collection of useless tires, on the behalf of a company that acts at the defined market for the states of Paraná, São Paulo and Santa Catarina.

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT.....	7
LISTA DE TABELAS.....	10
LISTA DE FIGURAS E QUADROS.....	11
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	12
1.1. Contextualização.....	12
1.2. Objetivo Geral	13
1.3. Objetivos Específicos	14
1.4. Metodologia.....	14
1.5. Estrutura do Trabalho	15
CAPÍTULO 2 – LOGÍSTICA REVERSA.....	17
2.1. Introdução	17
2.2. Logística Reversa.....	19
2.2.1. A Logística Reversa e o Ciclo de Vida Útil dos Produtos.....	25
2.2.2. A Logística Reversa de Pós-Consumo	30
CAPÍTULO 3 – PNEUS INSERVÍVEIS	38
3.1. Introdução	38
3.2. Estrutura do Pneu.....	39
3.3. Impacto Ambiental do Descarte de Pneus	41
3.4. Aplicações para Pneus Inservíveis.....	44
3.5. Programa Paraná Rodando Limpo	50
CAPÍTULO 4 – MODELO PROPOSTO PARA LOCALIZAÇÃO DOS RECEPTORES DE PNEUS INSERVÍVEIS.....	56
4.1. Introdução	56
4.2 - O Problema de Localização de Instalações	56
4.3 – Caracterização do Problema	60
4.4 – Algoritmo de Solução (Teitz e Bart Modificado).....	64

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS OBTIDOS	66
5.1. Introdução	66
5.2. Considerações para a Resolução do Modelo Proposto	66
5.2.1. Área de Atuação	66
5.2.2. Demanda de Pneus Inservíveis	67
5.2.3. Custos de Transporte	67
5.2.4. Custos dos Pneus Inservíveis	68
5.2.5. Custo dos Pontos de Coleta	69
5.3. Interface Computacional.....	69
5.4. Resultados Obtidos	71
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	77
6.1. Conclusões.....	77
6.2. Recomendações	79
REFERÊNCIAS.....	80
APÊNDICES	84
ANEXOS.....	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Barreiras da Logística Reversa (RLEC, 2004).....	24
Tabela 3.1 – Composição Química Elementar do Pneu.....	39
Tabela 3.2 – Materiais Constituintes do Pneu.....	39
Tabela 3.3 – Coleta de Pneus Inservíveis.....	43
Tabela 5.1 – Custo de Transporte dos Pneus.....	68
Tabela 5.2 – Cidades Participantes do Programa Paraná Rodando Limpo.....	76
Tabela 5.3 – Cidades Seleccionadas.....	76

LISTA DE FIGURAS E QUADROS

Figura 2.1 – Redução do Ciclo de Vida Útil.....	28
Figura 2.2 – Recuperação de Bens de Pós-Consumo.....	31
Figura 3.1 – Estrutura do Pneu.....	40
Figura 3.2 – Pneus Inservíveis a Céu Aberto.....	42
Figura 3.3 – Recauchutagem de Pneus.....	45
Figura 3.4 – Ciclo de Vida do Pneu.....	49
Figura 3.5 – Processo Petrosix com Pneus.....	54
Figura 4.1 – Configuração do Problema.....	61
Figura 4.2 – Ganho Máximo.....	62
Figura 5.1 – Programa das P-Medianas (BSColway).....	70
Figura 5.2 – Quantidade de Pneus X N° de Pontos de Coleta.....	72
Figura 5.3 – Ganho Financeiro X N° de Pontos de Coleta.....	73
Figura 5.4 – Ganho Líquido das Associações X N° de Pontos de Coleta.....	73
Figura 5.5 – Quantidade de Pneus Coletados X C_{pneu}	75

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

A logística nos dias de hoje é encarada como uma área de vital importância para as empresas. Ela

trata de todas as atividades de movimentação e armazenagem que facilitam o fluxo de produtos desde o ponto de aquisição da matéria-prima até o ponto de consumo final, assim como dos fluxos de informação que colocam os produtos em movimento, com o propósito de providenciar níveis de serviço adequados aos clientes a um custo razoável (BALLOU, 1993, p.24).

Deste modo, ela tem como objetivo reduzir o *lead time* entre o pedido, a produção e a demanda, de modo que os clientes recebam seus produtos ou serviços na hora e local certos, na quantidade e qualidade desejadas, com o menor custo para a empresa e o cliente. Isso seria o mesmo que dizer que o objetivo da logística é poder oferecer os produtos com os maiores níveis de serviços e com os menores custos possíveis, de forma a satisfazer os seus clientes e obter o retorno esperado pela empresa.

A constante procura das empresas por redução de custos e diferenciação de serviços, aliada às crescentes pressões envolvendo questões ambientais, está fazendo com que essas dêem maior atenção às atividades de reciclagem e reaproveitamento de produtos e embalagens. Tais atividades requerem todo um planejamento específico, visando gerenciar o fluxo de materiais do ponto de consumo até o ponto de origem. Isto é o que se pode chamar de Logística Reversa.

Segundo Leite (2003, p.16) a logística reversa pode ser definida como

a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valores de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros.

A partir dessa visão da logística reversa como vantagem competitiva, as empresas estão tendo que se preocupar com o ciclo de vida útil de seus produtos. Este se inicia no desenvolvimento do produto, através da seleção de fontes renováveis e que facilitem a reciclagem, passa pelo estudo de processos logísticos de tratamento das devoluções, chegando até o sistema de recolhimento dos produtos descartados.

Dentro dessa problemática encontra-se o caso dos pneus inservíveis, problema este que vem a ser comum nos mais diversos países. Existe uma grande necessidade de se determinar novos meios de utilizar esses pneus, pois não cabe mais descartá-los de forma a agredir o meio ambiente como, por exemplo, depositando-os nos lixões ou queimando-os a céu aberto. As pressões ambientalistas, em decorrência da deteriorização acelerada do meio ambiente, fazem com que legislações sejam criadas para tratar de problemas como os dos pneus inservíveis.

Já existem estudos e tecnologias para se aplicar a esse tipo de pneu, sendo que muitas dessas soluções demandam grandes custos que podem até inviabilizá-las. Outro detalhe muito importante na área dos pneus inservíveis é que para sua aplicação comercial em grande escala, com o objetivo de diminuir o passivo ambiental, faz-se necessária uma grande estrutura logística para que todos os pontos de descarte de pneus sejam cobertos. Nesse caso a logística reversa é de grande importância para garantir um bom desempenho.

Este trabalho enfatiza o problema da localização dos pontos de coleta de pneus inservíveis, considerando para tanto as distâncias e respectivamente os custos associados entre aqueles e o ponto receptor principal que, no caso específico estudado, onde se analisa somente a região dos estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo, é a BSColway, uma empresa da área de pneumáticos que participa do programa Paraná Rodando Limpo.

1.2. Objetivo Geral

O objetivo desse trabalho consiste na determinação da melhor configuração da rede de coleta de pneus inservíveis na região que abrange os estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo. Tal determinação, baseada na demanda de pneus oriundos de cada cidade e nos custos de recolhimento e transporte dos mesmos, tem como intuito identificar o número de pontos de

coleta que devem ser instalados na região, considerando para tanto o maior ganho total para os receptores com menores custos para a BSCOLWAY.

1.3. Objetivos Específicos

São objetivos específicos:

- Estudar a logística reversa, enfatizando questões relativas à logística reversa de pós-consumo;
- Identificar a estrutura dos pneus, em termos de seus componentes, bem como verificar possíveis aplicações destes ao final de sua vida útil estruturando o fluxo reverso dos pneus inservíveis;
- Estimar as demandas e os custos de recolhimento e transporte de pneus para cada cidade;
- Adaptar um software já existente para definição dos pontos de coleta e as respectivas cidades associadas a estes; e
- Analisar diferentes configurações da rede de coleta de pneus inservíveis, visando encontrar aquela que gere melhores resultados.

1.4. Metodologia

Em todo trabalho de pesquisa existe a necessidade inicial da definição das áreas de interesse para que possa ser realizada sobre elas uma ampla revisão bibliográfica, incluindo pesquisas em fontes confiáveis da *World Wide Web*. No presente trabalho, a principal área de estudos é a Logística Reversa. Porém, como o objeto de estudo é o pneu inservível, questões relativas a esse tópico também tiveram que ser estudadas, visando identificar suas principais características e finalidades após seu ciclo de vida.

Para desenvolver o estudo quanto à localização dos pontos de coleta de pneus inservíveis, objetivo principal desse trabalho, fez-se necessário levantar os dados referentes à coleta dos mesmos. No presente estudo, os dados relevantes foram obtidos com a BSColway, fábrica de pneus remoldados e participante do programa Paraná Rodando Limpo, programa que tem como principal objetivo retirar da natureza esses produtos e

concomitantemente gerar riqueza e oportunidades de trabalho pela transformação dos mesmos.

Além disso, foi preciso estudar e adaptar para o contexto em questão um software de aplicação do método das p-medianas desenvolvido em um trabalho de doutorado desta instituição.

Por fim, por se tratar de um problema de otimização, os resultados obtidos a partir do software para diversas configurações, isto é, para diferentes números de medianas, foram analisados através da comparação dos valores financeiros, visando obter aquela que apresente menores custos para a BSCOLWAY com maiores retornos para os coletadores.

1.5. Estrutura do Trabalho

O texto descrevendo a resolução do problema proposto neste trabalho, bem como a fundamentação teórica que embasa o mesmo, é organizado em seis capítulos, sendo o primeiro este capítulo introdutório.

No Capítulo 2 são apresentados os fundamentos da Logística Reversa, dando ênfase à logística reversa de pós-consumo, incluindo a fatores ecológicos e legais que a influenciam, bem como exemplos onde a mesma é aplicada.

No Capítulo 3 é feito um estudo detalhado dos pneumáticos em termos de seus componentes. Em seguida são apresentadas aplicações com o uso de pneus inservíveis ou com seus componentes.

O modelo proposto para a localização de pontos de coleta de pneus inservíveis é apresentado no Capítulo 4. Detalham-se as atividades que foram realizadas para sua elaboração e apresenta-se, por fim, sua estrutura.

No Capítulo 5 são apresentados os resultados obtidos a partir da análise das diferentes configurações da rede de coleta de pneus inservíveis.

No Capítulo 6 são apresentadas as conclusões do trabalho, elencando as contribuições do mesmo e sugerindo também caminhos possíveis a serem seguidos em pesquisas posteriores.

Finalmente, são apresentadas as referências utilizadas no desenvolvimento deste trabalho e citadas no mesmo, bem como os respectivos apêndices e anexos.

CAPÍTULO 2 – LOGÍSTICA REVERSA

2.1. Introdução

A Logística nos dias atuais é uma área de extrema importância para as empresas, tendo como principal objetivo reduzir o tempo entre o pedido, a produção e a demanda, de modo que o cliente receba seus bens e serviços no momento que desejar, com suas especificações pré-definidas, o local determinado e, principalmente, o preço acordado. Para tanto, é necessário “planejar, implementar e controlar de maneira eficiente o fluxo e a armazenagem de produtos, bem como os serviços e informações associados, cobrindo desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender aos requisitos do consumidor” (NOVAES, 2001, p.36).

Seguindo o mesmo raciocínio, Christopher (1997, p. 2) argumenta que para atingir tais objetivos é necessário

gerenciar estrategicamente a aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, peças e produtos acabados (e os fluxos de informações correlatas) através da organização e seus canais de marketing, de modo a poder maximizar as lucratividades presente e futura através do atendimento dos pedidos a baixo custo.

As atividades logísticas em geral são divididas em duas categorias: as atividades primárias e as de apoio. Dentre as atividades primárias estão aquelas consideradas de maior importância para o atendimento dos objetivos logísticos e as que têm maior influência nos custos, quais sejam, as atividades de transporte, de manutenção de estoques e o processamento de pedidos. Já como atividades de apoio pode-se citar a armazenagem, o manuseio de materiais, a embalagem do produto, a obtenção de suprimentos, a programação do produto e, por fim, a manutenção das informações.

De início, mais especificamente antes da Segunda Guerra Mundial, as atividades tipicamente logísticas eram divididas pela administração – finanças, vendas e produção, o que acabava gerando sérios conflitos de objetivos e responsabilidades. A partir desta data é que pode-se dizer que a logística, mesmo que ainda sem este nome, teve sua origem, devido à necessidade de deslocamento de grandes quantidades de materiais e pessoal a grandes

distâncias, e em curtos espaços de tempo. Entretanto, só a partir da década de setenta, principalmente com o crescimento da competição mundial, as empresas começaram a reconhecer a importância do gerenciamento logístico para a obtenção da vantagem competitiva. Após isso, vários conceitos de logística vêm sendo desenvolvidos e conseqüentemente divulgados.

O *Council of Logistics Management* (1991, *apud* BOWERSOX e CLOSS, 2001, p.20) define a logística como sendo “o processo de planejamento, implementação e controle eficiente e eficaz do fluxo e armazenagem de mercadorias, serviços e informações relacionadas desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender às necessidades do cliente”. Sob essa ótica, pode-se dizer que as atividades logísticas são importantes dentro de uma empresa, quando bem gerenciadas de forma sistêmica, porque criam valor, tanto para consumidores quanto para fornecedores e acionistas, valor este expresso principalmente em termos de tempo e lugar.

De maneira sucinta, Novaes (2004, p.37) argumenta que a logística atual procura alcançar:

- o cumprimento integral dos prazos previamente acertados, ao longo de toda cadeia de suprimento;
- a integração efetiva e sistêmica entre todos os setores da empresa;
- a integração (parcerias) com fornecedores e clientes;
- a otimização global, envolvendo a racionalização de processos e a redução de custos em toda a cadeia de suprimento; e
- a satisfação plena do cliente, mantendo o nível de serviço pré-estabelecido e adequado.

Embora a maior parte das empresas veja a logística como o gerenciamento do fluxo de produtos dos pontos de aquisição até os clientes, para tantas outras existe um canal logístico contrário que também deve ser gerenciado. A vida de um produto, do ponto de vista logístico, não termina com a sua entrega ao cliente: os produtos tornam-se obsoletos, danificam-se ou estragam e, segundo as atuais leis ambientais, devem retornar a seus pontos de origem para conserto ou descarte. Esse processo “invertido” é chamado de Logística Reversa, foco principal do presente trabalho e que será conceituado e discutido em detalhes na seqüência.

2.2. Logística Reversa

Com as crescentes pressões ambientalistas, as novas leis e a maior exigência da população por produtos limpos, isto é, que após o término de sua vida útil não causem impactos negativos ao meio ambiente, as empresas estão buscando novos caminhos para se enquadrar no mercado, voltando suas atenções para todo o ciclo de vida de seus produtos e se preocupando, inclusive, com a disposição final dos mesmos. Tal processo, apesar de gradual, deve fazer com que, em um futuro próximo, haja uma preocupação cada vez maior com a redução dos resíduos na origem, utilizando cada vez mais materiais reciclados e reutilizando outros. Busca-se com isso maximizar o nível de rotação dos produtos a partir da implementação de sistemas de recuperação e reciclagem contínua de materiais. Segundo Ballou (1993, p. 384) outros fatores que devem influenciar o crescimento da implantação dessa visão nas empresas são:

- a conscientização da população;
- o aumento da quantidade de resíduos sólidos; e
- o encarecimento da matéria-prima original.

Dessa forma, a logística passou a ter uma atuação mais ampla, passando também a controlar as atividades que acontecem após o recebimento do produto pelo cliente, tendo assim uma maior e mais efetiva gestão dos fluxos reversos (MAIA, 2001). Esse enfoque mais abrangente pode ser visto claramente na definição de logística do *Council of Logistics Management* (2004) que a define como

uma parte do gerenciamento da cadeia de suprimentos que planeja, implementa e controla de forma eficiente, o fluxo direto e reverso e armazenagem de produtos, serviços e informações relacionadas entre o ponto de origem e o ponto de consumo para atender às necessidades dos clientes (tradução livre).

Mais especificamente, Rogers e Tibben-Lembker (1998, p.2), descrevem a logística reversa como sendo o processo de movimentação dos produtos desde o seu destino final até seu ponto de origem com o propósito de capturar valor ou de dar uma disposição final adequada ao mesmo ou a seus componentes.

O termo logística reversa se refere então ao papel da logística na devolução de produtos, redução de materiais e energia, reciclagem, substituição e reutilização de materiais, tratamento de resíduos, substituição, concerto ou remanufatura. Sob o ponto de vista da engenharia, a logística reversa é um modelo de negócio sistêmico que aplica os melhores métodos de engenharia e administração logística na empresa, de forma a fechar lucrativamente o ciclo da cadeia de suprimentos (STOCK, 1998).

Dowlatshahi (2000) elenca, dentro de uma visão holística, onze pontos determinantes que devem ser cuidadosamente avaliados para garantir o sucesso da implementação da logística reversa em uma empresa. O autor divide o conjunto de pontos em dois grupos, o composto por fatores estratégicos e o composto por fatores operacionais. O primeiro grupo é composto pelos fatores: custos, qualidade, serviço ao cliente, meio ambiente e legislações. O segundo grupo é composto pelos fatores: análise custo x benefícios, transporte, armazenagem, remanufatura e reciclagem, gerenciamento do suprimento e embalagens. O mesmo argumenta que essa visão holística da logística reversa é, segundo seu ponto de vista, essencial para sustentar a estratégia dos negócios da empresa de forma lucrativa.

Para Arima e Battaglia (2003a), uma logística reversa eficiente depende de alguns fatores, quais sejam:

- a possibilidade de visualização fácil dos ganhos financeiros obtidos com investimentos no canal reverso, através da recuperação financeira de materiais antes considerados “perdidos” ou da revenda para mercados secundários;
- o estabelecimento de um centro de retorno centralizado, com a concentração dos recursos operacionais e técnicos usando, por exemplo, a consolidação de fretes ou coletas de retorno, visando melhorar o contato e o nível de serviço oferecido ao cliente;
- o bom desempenho do sistema de informações, estas devendo estar disponíveis (quase que) imediatamente para todos os participantes da cadeia reversa;
- a adoção de tecnologias eficientes capazes de agilizar o processo de coleta e transmissão de dados sem erros;
- o constante treinamento dos recursos humanos ligados diretamente às atividades de logística reversa; e

- a boa administração dos recursos financeiros, tentando incorporar os ativos envolvidos e com o tempo reduzi-los.

Além disso, os mesmos autores sugerem que a empresa verifique a viabilidade da terceirização das operações reversas, já que hoje existem no mercado empresas especialistas nesse nicho. Segundo o “Panorama Operadores Logísticos 2003” divulgado pela Revista Tecnológica (2003) no Brasil, das 114 empresas consideradas como tal, 94 (praticamente 82% delas) oferecem serviços considerados pertinentes à logística reversa.

A prática da logística reversa vem sendo desenvolvida desde as antigas fábricas de bebidas, com seus engradados e cascos retornáveis. Posteriormente as mesmas continuaram com essa prática, mas mudando os vasilhames para materiais recicláveis como o alumínio e o plástico. Outras indústrias como as de varejo, eletrônica e automobilística vêm praticando a logística reversa, seja no retorno de embalagens reutilizáveis, no tratamento de devoluções de produtos por razão de defeito ou insatisfação do cliente, ou no reaproveitamento de materiais para a produção.

Em geral a logística reversa envolve as atividades necessárias para a recuperação, transporte e disposição dos produtos que são movimentados a partir do consumidor, incluindo em todo processo as informações associadas (KRUMWIEDE e SHEU, 2002). De acordo com o RLEC (*Reverse Logistics Executive Council*, 2004) as tarefas da logística reversa incluem:

- processar a mercadoria retornada por razões como dano, sazonalidade, reposição, *recall* ou excesso de inventário;
- reciclar materiais de embalagem e reusar contêineres;
- recondicionar, remanufaturar e reformar produtos;
- dar disposição a equipamentos obsoletos;
- tratar materiais perigosos; e
- permitir recuperação de ativos.

Muitas empresas já buscam a logística reversa como um diferencial e para tanto vêm atuando cada vez mais nas atividades de reciclagem e reaproveitamento de produtos e embalagens. Lacerda (2003) argumenta que alguns dos motivos para que isso aconteça são:

- as questões ambientais, com uma nova legislação ambiental que responsabiliza a empresa por todo ciclo de vida de seus produtos, principalmente no que diz respeito ao destino dos produtos após a entrega aos clientes e ao impacto que estes produzem no meio ambiente; além disso, com o aumento da consciência ecológica dos consumidores que procuram produtos de empresas que estejam preocupadas em reduzir os impactos negativos de sua atividade ao meio ambiente, com uma visão ecologicamente correta;
- a concorrência cada vez mais acirrada, fazendo com que as empresas busquem formas de diferenciação por serviço. Uma boa política de logística reversa mostra aos clientes o quão mais liberal a empresa pode ser quando se trata de questões de retorno de produtos, já que existem possibilidades de obtenção de produtos danificados e as leis de defesa dos consumidores garantem o direito de devolução ou troca de produtos com problemas; e
- a redução de custos pela adoção da logística reversa, podendo trazer consideráveis retornos para as empresas. Economias com a utilização de embalagens retornáveis ou com o reaproveitamento de materiais para produção têm trazido ganhos que estimulam cada vez mais novas iniciativas. Além disto, os esforços em desenvolvimento e melhorias nos processos de logística reversa podem produzir também retornos consideráveis, que justificam os investimentos realizados.

De acordo com dados apresentados na 13ª *Round Table Brasil* (REVISTA TECNOLÓGICA, 2002a) a logística reversa representa algo em torno de 4% dos custos logísticos nos Estados Unidos, tendo aproximadamente 73 mil empresas de remanufatura, totalizando cerca de 53 bilhões de dólares em vendas de produtos remanufaturados. Além disso, as empresas americanas gastam algo em torno de 35 bilhões de dólares por ano com manuseio, transporte e processamento de produtos retornados (KRUMWIEDE e SHEU, 2002, p.326).

No Brasil o potencial para a atuação da logística reversa em indústrias de material reciclável é espantoso: por exemplo, entre os anos de 1994 e 2000 a produção de garrafas do tipo PET foi incrementada em mais de 300%; no mesmo período a reciclagem anual passou de 290 mil para 1,5 milhões, este último representando apenas 26% do total colocado no mercado (REVISTA TECNOLÓGICA, 2002a). Segundo Luz (2003) o Brasil ocupa o nono lugar no ranking dos países que reciclam papel, reaproveitando no total algo em torno de

38% da produção de embalagens celulósicas produzidas anualmente. Já Netto (2004) afirma que o Brasil apresenta o maior percentual de reciclagem de latas de alumínio do mundo, ou seja, 87% de todas as latas consumidas foram reaproveitadas pela indústria, o que gerou uma economia de energia elétrica de 1,7 mil Gigawatts, ou seja, 0,5% de toda a energia consumida no país. Isso serve para mostrar que os ganhos financeiros e logísticos são apenas alguns dos benefícios que a logística reversa pode proporcionar, pois pretende-se que, futuramente, a sua utilização faça com que exista maior união entre a indústria, o atacado/distribuidor, o varejo e todos os outros elos da cadeia.

Esses e outros dados, facilmente encontrados em *sites* e revistas especializadas mostram que a logística reversa vem se desenvolvendo em vários países, inclusive no Brasil; porém, existem muitas dificuldades para que esse desenvolvimento seja realizado de forma simples. Existem grandes implicações de custos com o fluxo reverso nos processos das empresas. Isso pode ser visto, por exemplo, na pesquisa de Marien (1998), onde o mesmo afirma que o retorno de mercadorias e os *recalls* são exemplos claros de geração de altos custos, mas outros “res” podem ser apresentados como complicadores, como por exemplo: refugar, retrabalhar, reciclar, rejeitar, reprocessar, reutilizar, refazer, revender e retornar contêineres e *pallets*. Muitas mudanças estão acontecendo no que diz respeito à responsabilidade das empresas por seus produtos após os consumidores os terem utilizado, e isso faz com que as mesmas percebam que a logística reversa, combinada com o processo de redução das fontes, pode ser utilizado para se obter vantagens competitivas, principalmente pela melhora de sua imagem pública. Segundo o autor, empresas como Eastman Kodak, Hewlett-Packard e Sears são exemplos de empresas que, com a implementação da logística reversa, estão tendo retorno positivo com os programas de reciclagem e reutilização.

Por outro lado, ainda existem vários setores empresariais no Brasil que não se deram conta da relação direta entre a logística reversa e a imagem da empresa para seus clientes. Já existem consumidores que deixam de adquirir um certo produto porque sabem que a empresa não se preocupa com a destinação final do mesmo ou deixam resíduos no meio ambiente com a fabricação deste; dessa forma, eles passam a adquirir produtos de empresas que usam (e geralmente fazem questão de enfatizar em sua estratégia de marketing) a “logística verde”, isto é, que atuam no desenvolvimento de fontes de materiais e projetos de produto até seu descarte final. Uma pesquisa realizada por Arima e Battaglia (2003b) com profissionais da área de marketing e *supply chain* constatou que para 57,6% dos entrevistados as melhorias no

processo de logística reversa vêm em consequência de pressões dos clientes. As empresas, na medida do possível, têm buscado atender a essas expectativas, objetivando fidelizar esses clientes, manter e até mesmo expandir os seus negócios, de forma que lhes permita melhorar seus lucros. Isso é possível basicamente por duas razões: primeiramente porque os chamados “produtos verdes” são em geral mais otimizados (usam embalagens mais leves ao invés de duplas, têm o transporte mais otimizado, usam matéria-prima reciclada etc), e segundo, como já dito, há uma pré-disposição do mercado em adquirir mais esses produtos ligados a uma empresa comprometida com a responsabilidade ambiental, mesmo que estes tenham um preço um pouco mais alto.

Desconsiderando as pressões sociais, para o RLEC (2004), as barreiras para uma efetiva logística reversa podem ser apresentadas conforme a tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Barreiras da Logística Reversa (RLEC, 2004)

Barreiras	%
Assuntos Legais	14,10
Recursos de Pessoal	19,00
Recursos Financeiros	19,00
Falta de Atenção da Administração	26,80
Questões Competitivas	39,70
Falta de Sistemas	34,30
Política da Empresa	35,00
Prioridade da Logística Reversa em Relação a Outros Assuntos	39,20

O crescente número de restrições ecológicas juntamente com as pressões da sociedade por formas mais harmoniosas de vida e, evidentemente, os possíveis ganhos econômicos, fazem com que muitas pesquisas sejam desenvolvidas na atualidade sobre a logística reversa. Miner (2001), esclarece que esse crescente interesse é devido principalmente à grande quantidade de produtos que são encaminhados para disposição final mas que possuem um possível valor econômico para ser explorado, uma vez que esses, após desmontados, podem fornecer peças ou partes que poderão ser utilizadas em produtos novos. Com as novas legislações ou como estratégia de marketing de venda, muitos fabricantes estão sendo obrigados a recolher seus produtos e, ao invés de simplesmente descartá-los, estão aproveitando o máximo que podem dos mesmos em seus processos produtivos.

O problema ao qual o presente trabalho se refere diz respeito exatamente a estes produtos que alcançaram o final de sua vida útil, assunto esse que será apresentado de uma forma mais detalhada a seguir.

2.2.1. A Logística Reversa e o Ciclo de Vida Útil dos Produtos

Sabe-se que a evolução tecnológica está acontecendo a um ritmo acelerado, e a cada ano novos produtos são lançados no mercado. Esse rápido crescimento na variedade de produtos disponíveis aos consumidores faz aumentar também a volatilidade dos mesmos. Isso significa que atualmente o ciclo de vida dos produtos está diminuindo; o que antes era projetado para durar uma década agora com certeza é usado por seu primeiro dono por um período muito menor. Exemplos clássicos de bens com ciclo de vida rapidamente decrescente são os computadores e seus periféricos, como pode-se observar em estimativas de vendas de computadores para os próximos anos. Estima-se que no ano de 2005, nos Estados Unidos, serão vendidos 680 milhões de computadores e descartados 150 milhões. Atualmente naquele país, a cada três computadores produzidos, dois tornam-se obsoletos; a tendência é de que nos próximos anos esta relação seja de um para um (LEITE, 2002a, p.108).

Com o crescimento da obsolescência e da descartabilidade dos produtos, as empresas buscam novas estratégias para que possam ter um aumento da velocidade de resposta desde a concepção do projeto do produto até a sua colocação no mercado e atender prontamente as necessidades dos clientes. Bowersox e Closs (2001, p. 51) salientam que “as empresas agora devem considerar como fabricar inicialmente um produto e sua embalagem e, em seguida, como reformar ou reutilizar os dois. Em outras palavras, os ciclos de vida do produto e da embalagem devem agora rejuvenescer-se continuamente”.

O grande número de legislações desenvolvidas visando a responsabilidade empresarial se deve à preocupação da sociedade com os aspectos ambientais, onde se procura o crescimento da sociedade sem que as próximas gerações sejam prejudicadas. Essas legislações ambientais apresentam alguns aspectos do ciclo de vida útil dos produtos com o objetivo de identificar aqueles que podem obter o chamado selo verde, que caracteriza os produtos que podem ou não ser depositados em aterros sanitários. Leite (2003, p.22) afirma que “alguns estados norte-americanos possuem legislação específica incentivando o uso de produtos fabricados com materiais reciclados; outros adotam um sistema tributário especial

para os diversos elos dos canais reversos; outros ainda, adotam a obrigatoriedade do equilíbrio de produção e reciclagem”.

Devido a esses acontecimentos, as empresas estão cada vez mais preocupadas com o ciclo de vida de seus produtos, principalmente no que se refere à seleção de fontes renováveis e que facilitem a reciclagem, ao estudo de processos logísticos de tratamento das devoluções e ao sistema de recolhimento dos produtos descartados. Leite, (2003, p.34) esclarece que a vida útil de um bem se dá desde o momento de sua produção original até o momento que o primeiro dono desse bem o descarta, mesmo que seja para que outra pessoa continue usando o bem, caso isso seja possível.

O problema dos produtos em final de vida é claramente exposto por Shih (2001) que mostra a preocupação com esse assunto em Taiwan, onde os computadores e eletrodomésticos descartados tornaram-se um grande problema pela falta de espaço nos aterros sanitários. Com o objetivo de contornar esse problema, a Administração de Proteção do Meio ambiente de Taiwan criou uma resolução onde todos os produtores e importadores deveriam recolher seus produtos em final de vida útil.

Com a obrigatoriedade do recolhimento dos produtos os importadores e produtores tiveram que contribuir com um determinado valor referente à taxa de disposição dos produtos para o fundo responsável pelo gerenciamento, reciclagem e disposição final dos produtos, taxa que anualmente é avaliada e tem seu valor reajustado. Com o crescimento dos produtos recolhidos, as autoridades competentes esperam um maior desenvolvimento e planejamento da rede reversa para que o programa funcione como esperado.

O problema ecológico também é citado pelo mesmo autor no que se refere a determinados produtos que devem ter alguns cuidados especiais antes de sua desmontagem, reciclagem ou disposição final como, por exemplo, produtos que contenham metais pesados, como bário, produtos fluorescentes, tubos de raios catódicos, ou mesmo o gás CFC, presente em refrigeradores e condicionadores de ar. Porém, apesar da preocupação com os materiais em final de vida, a população local tem imposto grande pressão ao programa devido às taxas de retorno que estão embutidas nos preços dos produtos novos. Acredita-se que não pelo fato de estarem preocupados com os destinos de seus produtos no final de vida mas sim pelo fato

de que a população é que está arcando com os custos, o que não demonstra grande comprometimento das empresas com a causa.

No Brasil o consumo de material descartável aumentou consideravelmente nos últimos anos. Isso é facilmente notado pela quantidade de lixo produzido, onde os produtos descartáveis estão cada vez mais presentes. Tanto a reciclagem de latas de alumínio como a de garrafas PET está bem desenvolvida no país, apesar de que, para este último, os resultados não sejam muito expressivos em função do grande volume de embalagens e do pouco valor que tem a reciclagem nesse segmento. Em contrapartida, a reciclagem de baterias automotivas chama atenção, pois apesar de não ser muito comentado, o retorno desses produtos chega a ser de até 80% do que vai para o mercado. Inclusive, em setembro de 2004, uma batalha judicial entre um município do Rio Grande do Sul e duas empresas de pilhas e baterias foi ganha pelo primeiro, o que obrigou às indústrias a recolherem mais de 4800 quilos deste material depositado na prefeitura e ainda implantar, em 60 dias, um sistema de coleta, transporte, depósito e destinação final desses materiais, em 27 pontos de coleta já existentes no município, sob pena de multa diária de 5 mil reais (AMBIENTE BRASIL, 2004a). Outro segmento que tem um grande potencial de desenvolvimento, apesar de ainda não se ter dados concretos que comprovem esse fato, é o dos cartuchos de impressoras.

A logística reversa atua em duas grandes áreas diferenciadas pelo estágio ou fase do ciclo de vida útil do produto retornado, que seriam a logística reversa de pós-consumo e a logística reversa de pós-venda. A primeira delas tem por objetivo dar um destino aos produtos que de alguma forma já foram utilizados e descartados pela sociedade. Esses produtos podem ser divididos em duas categorias: aqueles que se encontram em condição de uso e que podem ser recolocados no mercado como produtos de segunda mão, e aqueles em fim de vida útil, que poderão ter seus componentes aproveitados total ou parcialmente, poderão ser reciclados ou que não tem mais condições de utilização. Leite (2003, p.70) comenta que essa área no Brasil está bem desenvolvida, especialmente devido à reciclagem de alumínio e PET. Por outro lado a logística reversa de pós-venda “se ocupa do equacionamento e operacionalização do fluxo físico e das informações logísticas correspondentes de bens de pós-venda, sem uso ou com pouco uso, que por diferentes motivos retornam aos diferentes elos da cadeia de distribuição direta” (LEITE, 2003, p.17). Nesta categoria incluem-se os produtos devolvidos por razões comerciais, por erros no processamento dos pedidos, por garantia dada pelo fabricante, por defeitos ou falhas de funcionamento, por avarias no transporte e manuseio etc.

Apesar da maioria das empresas não dar muita atenção a esta área da logística reversa, a mesma é de grande importância pois, por tratar da gestão de estoques, pode trazer reduções significativas dos custos logísticos.

Com a crescente descartabilidade dos produtos a logística reversa será com certeza mais atuante, tanto no setor de pós-venda como no setor de pós-consumo. Segundo Leite (2002a, p.108)

tecnologia, marketing, logística e outras áreas empresariais, por meio da redução do ciclo de vida de produtos, geram necessidades de aumento de velocidade operacional de um lado, e provocam exaustão acelerada dos meios tradicionais de destinos dos produtos de pós-consumo.

Esse impacto de redução do ciclo de vida útil dos produtos, tanto na logística reversa de pós-consumo como na logística reversa de pós-venda, pode ser representado pela figura 2.1.

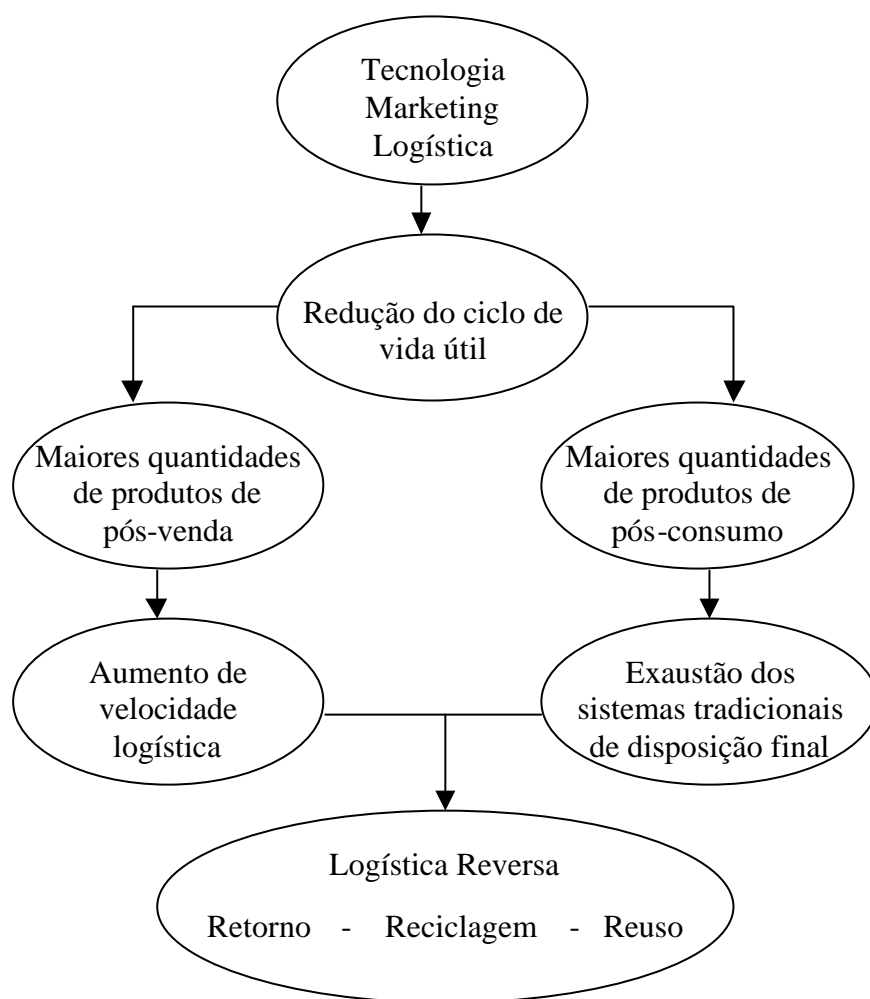


Figura 2.1 – Redução do Ciclo de Vida Útil (LEITE, 2003)

Em uma visão mais ampla, Bowersox e Closs (2001, p. 51) comentam que um bom projeto logístico deve ter como um de seus objetivos apoiar o ciclo de vida dos produtos, dando apoio logístico integral, isto é, “ir além da logística reversa e da reciclagem para incluir a possibilidade de serviços pós-venda, retirada de produto de circulação e descarte de produto. Todas as ocorrências possíveis devem ser consideradas nas primeiras fases do projeto do produto para assegurar um eficaz apoio ao ciclo de vida”. Pequenas alterações no projeto do produto e a utilização de materiais alternativos devem então ser analisadas com cuidado, para se ter certeza da viabilidade econômica e do tratamento que deve ser dado aos produtos após o final de sua vida útil.

Assim, a logística reversa, mais especificamente a logística reversa de pós-consumo, busca um maior reaproveitamento e a revalorização dos produtos (ou de seus componentes)

em final de vida útil, para que possam passar por canais reversos de reuso, desmanche, reciclagem até a sua disposição final, de forma que os impactos ambientais causados por esses possam ser minimizados sem a necessidade de novos produtos ou novas matérias primas para os mesmos. Questões relevantes sobre esse ramo da logística reversa serão apresentadas a seguir.

2.2.2. A Logística Reversa de Pós-Consumo

A logística reversa de pós-consumo é definida como sendo

a área de atuação da logística reversa que equaciona e operacionaliza igualmente o fluxo físico e as informações correspondentes de bens de pós-consumo descartados pela sociedade em geral que retornam ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo por meio dos canais de distribuição reversos específicos (LEITE, 2003, p.18).

Os produtos de pós-consumo são aqueles que já foram usados e que ainda podem ser utilizados, aqueles produtos que já atingiram o fim de sua vida útil ou os resíduos industriais. Desta forma, os fluxos reversos de pós-consumo são representados por parcelas e por materiais de produtos que foram descartados depois de esgotada sua utilidade e que de alguma maneira estão retornando ao ciclo produtivo. Tais produtos ou materiais devem retornar ao ciclo produtivo para que não ocorra seu acúmulo de forma excessiva e descontrolada, resultando em problemas ambientais, visto a grande dificuldade referente à capacidade de disposição existente. Isso pode ser claramente percebido quando se trata de materiais plásticos, principalmente as garrafas PET, que são descartados de forma irregular e se encontram em córregos, rios e outros locais inapropriados dentro das cidades, o que representa uma imagem negativa para as empresas que produzem esses produtos.

Os produtos de pós-consumo apresentam como característica marcante o fato de estarem pulverizados geograficamente, ou seja, estão dispersos pelas cidades fazendo com que a primeira etapa da logística reversa, e provavelmente a mais complicada, seja a coleta desses produtos para posterior revalorização. O fato desses produtos estarem espalhados, fazem com que as coletas sejam realizadas em pequenas quantidades, juntamente com vários outros tipos de materiais. A coleta dos produtos em final de vida pode se dar de várias formas, dentre as quais destaca-se a dos chamados carroceiros, que representam a coleta informal de materiais, tendo em vista que não existem legislações específicas para o recolhimento de

muitos produtos ou interesse pré-definido pelos desmanches que procuram colocar seus componentes de volta no mercado. Esse tipo de coleta é muito encontrado nos dias de hoje, principalmente nas grandes cidades, onde essas pessoas passam de porta em porta para recolher os materiais que não têm mais utilidade. Esses materiais podem ser comercializados diretamente com os fabricantes de matérias-primas, como por exemplo os ferros e aços, ou podem ser comercializados com as indústrias de reciclagem, como por exemplo os plásticos. Após a coleta dos bens de pós-consumo os materiais passam por um processo de separação por natureza de material, adensamento e consolidação em quantidades convenientes para a comercialização, que recolocará o material de volta ao ciclo de produção.

Para Arima e Battaglia (2003b) os possíveis destinos para os produtos pós-consumo que chegaram ao final de sua vida útil são:

- os mercados de segunda mão, onde produtos semi-novos são remetidos a áreas mais carentes de recursos ou oportunidades de compra;
- a retirada de componentes em perfeito estado de um produto para a sua utilização na produção de um novo ou no recondicionamento de um outro similar porém usado;
- a reciclagem;
- a remanufatura, onde o produto é revisado e volta ao mercado com custo menor;
- os aterros sanitários públicos, onde a disposição em geral é feita de forma segura;
- e
- os aterros sanitários clandestinos, prática que infelizmente é comum e degrada o meio ambiente, justamente por não haver sobre estes nenhuma fiscalização adequada.

Já Leite (2003), pensando na logística reversa como forma de agregar valor ao produto, considera apenas duas vias de disposição final de produtos de pós-consumo: o retorno ao processo produtivo e os aterros sanitários. Para o autor, existem três aplicações possíveis antes do encaminhamento para esses fins (figura 2.2), quais sejam:

- o reuso dos produtos, que agrega valor de reutilização do bem de pós-consumo, aumentando seu tempo de vida útil;

- a reciclagem de materiais, que agrega valores do tipo econômico, ecológico e logístico aos bens de pós-consumo, fazendo com que o material retorne ao ciclo produtivo para substituir matérias primas novas; e
- a incineração, que agrega valor econômico ao bem de pós-consumo pela sua transformação em energia elétrica.

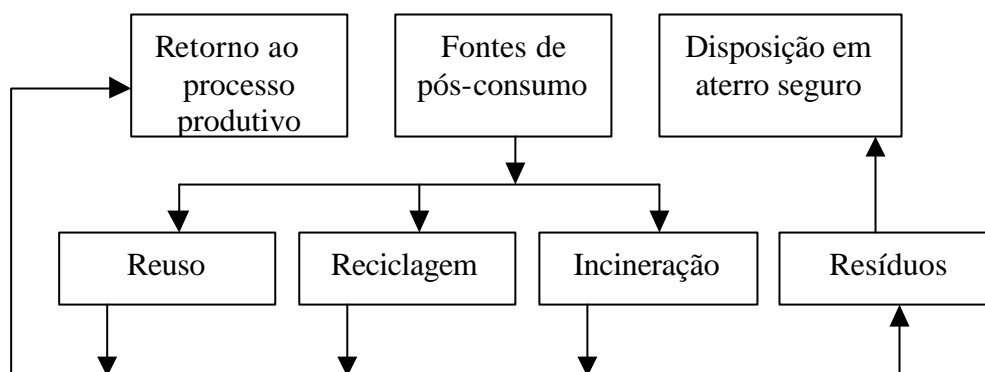


Figura 2.2 – Recuperação de bens de pós-consumo (Leite, 2003, p 42)

O bem de pós-consumo que ainda possui condições de uso e interesse em seu uso deve ser coletado e encaminhado ao mercado de segunda mão, para sua revalorização. O mercado de segunda mão, com produtos usados e remanufaturados, representa uma parcela importante do valor economizado com a aplicação da logística reversa. Uma outra categoria de produtos pós-consumo são aqueles que já passaram pela reutilização e não apresentam mais condições de continuarem a ser reutilizados, ou seja, atingiram o final da vida tornando-se inservíveis. Estes produtos podem ser encaminhados para retirada de componentes que possam interessar para outros fins.

Um exemplo dessa situação é o caso da Xerox, empresa que utiliza a logística reversa desde 1960 com a coleta de alguns de seus produtos com clientes, após um determinado tempo. O produto usado é desmontado e reutilizado com ou sem remanufatura. Têm-se assim novos produtos, diferenciados por preços menores devido a economia dos custos mas com as mesmas garantias de um produto novo. A Xerox é um exemplo de como a logística reversa faz parte da estratégia da empresa proporcionando excelentes resultados. Ela obteve uma melhora de sua imagem perante seus clientes e à comunidade em geral, sem falar de uma revalorização econômica e tecnológica pelo reuso de seus equipamentos e componentes e uma revalorização ecológica pela redução do impacto de seus produtos ao meio ambiente.

A reciclagem dos produtos de pós-consumo consiste basicamente na seleção e retirada dos materiais de interesse que estão presentes no produto. Porém para que isso possa acontecer é necessário que exista viabilidade técnica e econômica, o que em muitos casos é a maior dificuldade das organizações de reciclagem. Um bom exemplo disso é o caso dos pneus, onde é evidente a existência de grandes dificuldades, técnicas e econômicas, para proceder com a sua reciclagem. Os produtos que são encaminhados para a reciclagem vão dar origem a outros materiais que serão utilizados na produção de outros produtos, como matéria-prima que pode ser parcial ou até mesmo total, dependendo disso, principalmente, da falta de matéria-prima original. Essas matérias-primas recicladas apresentam maiores vantagens da sua utilização do que as matérias-primas originais, como, por exemplo, a aquisição mais barata, as economias no consumo de energia elétrica, a melhora da imagem da empresa entre outros.

Para que a reciclagem possa ser aplicada de forma eficiente é necessário que existam certas condições. Sendo assim, um produto ou material para passar pelo processo de reciclagem deve possuir algumas características, quais sejam:

- facilidade de transporte para que os custos não sejam muito elevados;
- facilidade de desmontar, sem necessidade de equipamentos ou ferramentas especiais;
- facilidade para a remanufatura;
- facilidade de separação das partes importantes após sua coleta;
- facilidade de extração do material constituinte dos produtos;
- manutenção de suas propriedades originais quando reciclados;
- manutenção de suas características originais mesmo quando reciclados várias vezes; e
- possibilidade de substituição total ou parcial de matérias-primas virgens.

Para as empresas a implementação da logística reversa de pós-consumo pode resultar em ganhos financeiros, sejam eles oriundos da revalorização ecológica, legal ou econômica do produto ou da matéria-prima reciclada.

Os ganhos ecológicos se dão pela redução de produtos encaminhados para os aterros sanitários, tendo em vista a reutilização de determinados componentes ou produtos nos ciclos produtivos. Com isso a empresa pode mostrar a seus clientes a preocupação com o meio ambiente, o que já está sendo considerado por muitas como uma exigência dos consumidores. Assim, aproveitam e utilizam-se desse marketing para cativar os clientes existentes e obter novos que apreciam essa postura de preocupação ecológica dentro do meio empresarial.

A parte legal que influencia a logística reversa de pós-consumo cada dia que passa é mais atuante; as empresas que desenvolvem ou comercializam produtos que causam impactos negativos ao meio ambiente serão forçadas a se adequar às novas legislações. Tais leis deverão restringir cada vez mais esses produtos que podem trazer danos e isso acarretará em mudanças nos mesmos para que eles fiquem dentro das novas regulamentações. Com isso, algumas empresas que não querem sofrer tais conseqüências sem estarem devidamente preparadas estão buscando meios para adaptar seus produtos sem que os custos sejam muito altos. Em alguns países que já passam por essas mudanças, especialistas da área afirmam que o melhor caminho para uma legislação efetiva é quando a sociedade, as empresas e o governo, trabalham em conjunto para a conscientização de todos os segmentos. Dentro dessa linha de raciocínio seguem alguns exemplos de legislações existentes:

- Legislações sobre proibições de aterros sanitários e incineradores que impedem a criação desses devido aos problemas que vêm com a implantação de tais meios de disposição final;
- Legislações sobre implantação de coletas seletivas para redução das quantidades que vão para os aterros e incineradores, possibilitando a criação de outras atividades;
- Legislações sobre a obrigação dos fabricantes recolherem seus produtos após o término de sua vida útil; e
- Legislações sobre a proibição da entrada de alguns produtos nos aterros sanitários devido ao grande volume e a presença de substâncias perigosas.

Dessa forma pode-se perceber que para se planejar uma rede reversa de pós-consumo e para que essa atividade seja bem executada, vários aspectos devem ser levados em consideração. Deve ser necessário, por exemplo, ter bom conhecimento logístico quanto às fontes dos produtos de pós-consumo, as características que o produto apresenta, aos materiais

que os compõem e às tecnologias necessárias para se trabalhar com esses, além de ser interessante conhecer de antemão quais as empresas que atuam nesses canais reversos, qual o melhor destino para o produto coletado e quais os possíveis mercados que poderão absorver esses produtos ou componentes.

Dentre as diversas aplicações da logística reversa algumas se apresentam mais desenvolvidas, sendo possível inclusive encontrar alguns movimentos em busca de uma maior conscientização da sociedade para os problemas dos produtos de pós-consumo.

Leite (2003) apresenta alguns exemplos de logística reversa na prática, dentre os quais destacam-se os casos do alumínio, dos plásticos e dos óleos lubrificantes.

O alumínio, que devido à sua maior durabilidade, tinha como maiores fontes para a reciclagem as sucatas dos processamentos industriais; porém, com a introdução das latas de alumínio no mercado, a quantidade de sucata reciclada aumentou consideravelmente. Cerca de 28% do alumínio produzido no Brasil é destinado à produção de latas, que apresentam ciclo de vida curto, e o restante para outros produtos que possuem ciclos de vida maiores. De todo o material recolhido para a reciclagem, 40% provém das latas de alumínio, que depois de transformadas em lingotes são comercializadas com as indústrias que necessitam desse material, diminuindo assim a utilização de matérias-primas virgens. O processo de coleta e reciclagem do alumínio é visto com bons olhos pelas empresas e pela sociedade, haja visto que as empresas apresentam uma redução do consumo de energia elétrica da ordem de 95%, o que pode representar uma economia de 66,5% dos seus custos na fabricação de alumínio primário. De acordo com a revista CNT (2004) no ano 2000 o Brasil reaproveitou 78% das latas de alumínio que eram produzidas e esse valor passou para 87% no ano de 2002, o que colocou o país na posição de maior reutilizador de latas de alumínio do mundo. Isso significa, por exemplo, que uma lata reciclada acaba por voltar ao supermercado em torno de noventa dias.

No Brasil, 55% de todo o plástico produzido é direcionado para a produção de embalagens, que possuem tempo de vida reduzido, tornando-se um produto de elevada descartabilidade, o que representa uma grande preocupação para a sociedade. No Brasil existem 5160 empresas que trabalham na transformação de plásticos, além de 700 empresas que reciclam cerca de 29% do material que é produzido. De acordo com as aplicações do

material plástico no Brasil, cerca de 40 a 50% dos plásticos são utilizados para produção de embalagens e descartáveis, que possuem baixo tempo de vida útil, e a parcela restante é utilizada para produtos com ciclos de vida útil mais longos. As fontes de materiais de pós-consumo desse setor são os catadores de lixos, as coletas seletivas e os sucateiros.

A Tomra Latasa Reciclagem é um exemplo de reaproveitamento de produtos de pós-consumo, no caso, de latas de alumínio e de garrafas PET. Foi criada em março de 2001, a partir de uma fusão entre a líder mundial em soluções para reciclagem Tomra Systems ASA e a Latasa, maior fabricante de latas de alumínio do Brasil. Buscando ampliar sua atuação no cenário nacional, além da reciclagem de alumínio, a mesma entrou no mercado de coleta para a reciclagem de garrafas PET. Para tanto, o diferencial da empresa está na procura de melhores meios de coletar os PET, já que os mesmos, quando proveniente dos lixões, geram custos elevadíssimos de limpeza e descontaminação. Na cidade do Rio de Janeiro a mesma implementou, em meados de 2001, um projeto piloto, o Replaneta, que em parceria com uma rede de supermercados, instalou máquinas RVM (*Reverse Vending Machines*) para a coleta de garrafas PET e de latas de alumínio. As máquinas possuem capacidade de operação de uma embalagem por segundo, separando as latas de alumínio das embalagens PET, estas novamente separadas por cores através de um leitor óptico. A idéia central é fidelizar os clientes que entregam as embalagens recicláveis e em troca recebem bônus para compras no supermercado. A Tomra Latasa realiza o ciclo completo de reciclagem para as latas de alumínio, desde a coleta até a transformação em matéria-prima; já os PET são apenas coletados pela empresa, sendo a compactação, enfardamento e a reciclagem realizada por parceiros terceirizados. A empresa tem como projeto futuro realizar o ciclo completo de reciclagem do PET. Para tanto pretende primeiramente compactar as embalagens no próprio local, visando assim a redução do volume estocado em torno de 60%, pois assim será possível transportar maior quantidade e conseqüentemente otimizar os custos com frete. A empresa declara que o projeto de coleta desenvolvido e implementado tem como principais bases de sustentação para o sucesso do negócio, a automação e uma eficiente operação de logística reversa (REVISTA TÉCNOLOGÍSTICA, 2002b). Em 2003 a empresa recolheu, nos estados de Belo Horizonte, Rio de Janeiro, Brasília e Recife, o total de oito milhões de embalagens para seu programa de reciclagem (REVISTA CNT, março, 2004).

A logística reversa de pós-consumo dos óleos lubrificantes se mostra muito interessante por apresentar interesses econômicos, ecológicos e legais. O óleo produzido no

Brasil é destinado para os setores automotivos (cerca de 70% do total) e para as indústrias (os restantes 30%). Esse material, após atingir o fim de vida útil, possui grande periculosidade pelo fato de apresentar em sua fórmula metais pesados que podem vir a contaminar o solo e as águas onde forem despejados. Sendo assim, existe legislação específica que determina que todo esse material deve ser recolhido e reciclado, sendo o processo de reciclagem chamado de “rerefino”. Neste processo as perdas são mínimas, o que faz com que o produto apresente grande grau de reciclabilidade, podendo ser reciclado até 8 vezes. Além disso, para cada 5 litros de óleo reciclado deixa-se de importar 100 litros de petróleo bruto, o que mostra uma boa economia para o país. Hoje no Brasil as empresas produtoras desses óleos são responsáveis pela sua coleta e devem estar bem estruturadas para poder garantir a coleta em todos os pontos, estes pulverizados em todo o território nacional, o que pode tornar os custos de transporte do material para reciclagem muito elevados.

Brito, Deckker e Flapper (2004) apresentam mais de sessenta estudos de caso da aplicação da logística reversa nas mais diferentes áreas, sendo apenas um caso da América do Sul, dois da Ásia, quatorze da América do Norte e mais de cinquenta casos da Europa. Além desses, vários outros autores (TSOULFAS, PAPPIS e MINNER, 2002; GOLDSBY e CLOSS, 2000; KLAUSNER e HENDRICKSON, 2000) citam demais aplicações da logística reversa.

Outro exemplo que se pode citar de aplicação da logística reversa é no caso dos pneus inservíveis, que já estão sendo tratados em algumas regiões do país tendo em vista os problemas ambientais e sociais que os mesmos causam. Esses produtos apresentam características especiais e aplicações diferenciadas que serão abordadas com maior nível de detalhamento no próximo capítulo.

CAPÍTULO 3 – PNEUS INSERVÍVEIS

3.1. Introdução

Pode-se dizer que o Brasil é hoje um país focado em óleo diesel e roda de borracha. Isso se dá pelo fato da matriz de distribuição dos modais, tanto ao que se refere ao transporte de cargas quanto ao de passageiros, ser marcada pela alta participação do modal rodoviário, apesar das péssimas condições das estradas existentes. Todo esse fluxo de materiais e pessoas que utilizam as estradas do Brasil faz com que cada vez mais o uso do pneu seja necessário. Apesar de já existirem muitos estudos para outras formas de combustíveis, é praticamente impossível imaginar, num futuro próximo, como seria o uso dos veículos sem os pneus.

Com o descobrimento da borracha, muitas aplicações foram dadas para o material e dentre essas surgiu o pneu, em 1845, por seu inventor R. W. Thonson. Muitas experiências foram realizadas com o objetivo de melhorar as propriedades da borracha natural, até que, em 1939, foi descoberto o processo chamado vulcanização, deixando a borracha com características mais atrativas, como por exemplo, forte, elástica, resistente à abrasão, eletricidade entre outras. Os pneus tornaram-se então substitutos das rodas de madeira e ferro, usadas em carroças e carruagens. A borracha, além de ser mais resistente e durável, por absorver melhor o impacto das rodas com o solo, tornou o transporte mais confortável e funcional.

Primeiramente os pneus eram produzidos totalmente com borracha natural, obtida do látex proveniente de árvores e plantas, mas a partir de 1830 os pneus adquiriram uma parcela de borracha sintética, que é desenvolvida através de compostos químicos idênticos aos da borracha natural. Nos dias atuais a maior parte dos pneus é feita com aproximadamente 10% de borracha natural, 30% de borracha sintética e 60% de aço e tecidos, que servem para fortalecer a estrutura do pneu.

De acordo com o Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE, 2004), os pneus e câmaras de ar consomem algo em torno de 70% da produção nacional de borracha. O Brasil produz cerca de 45 milhões de pneus por ano, onde aproximadamente um terço desses são exportados para 85 países e o restante serve para abastecer o mercado nacional. A seguir é

apresentada mais detalhadamente a estrutura do pneu e seus elementos constituintes, bem como uma classificação dos mesmos.

3.2. Estrutura do Pneu

Os pneus possuem estrutura complexa que tem o objetivo de proporcionar as características necessárias ao seu desempenho e segurança. Sua composição química elementar pode ser apresentada pela tabela 3.1

Tabela 3.1 – Composição Química Elementar do Pneu

Componente	Percentual (%)
Carbono	83
Oxigênio	7
Hidrogênio	2,5
Enxofre	1,2
Nitrogênio	0,3
Cinzas	6

Os materiais constituintes dos pneus podem ser apresentados conforme tabela 3.2, sendo que na mesma há distinção entre pneus para automóveis e para caminhões.

Tabela 3.2 – Materiais constituintes do pneu

	Automóvel (%)	Caminhão (%)
Borracha	48	45
Negro de fumo	22	22
Aço	15	25
Tecido de nylon	5	-
Óxido de zinco	1	2
Enxofre	1	1
Aditivos	8	5

Os pneus automotivos apresentam, em geral, a seguinte constituição: banda de rodagem, talões, carcaças e flancos, conforme pode ser visualizado na figura 3.1.

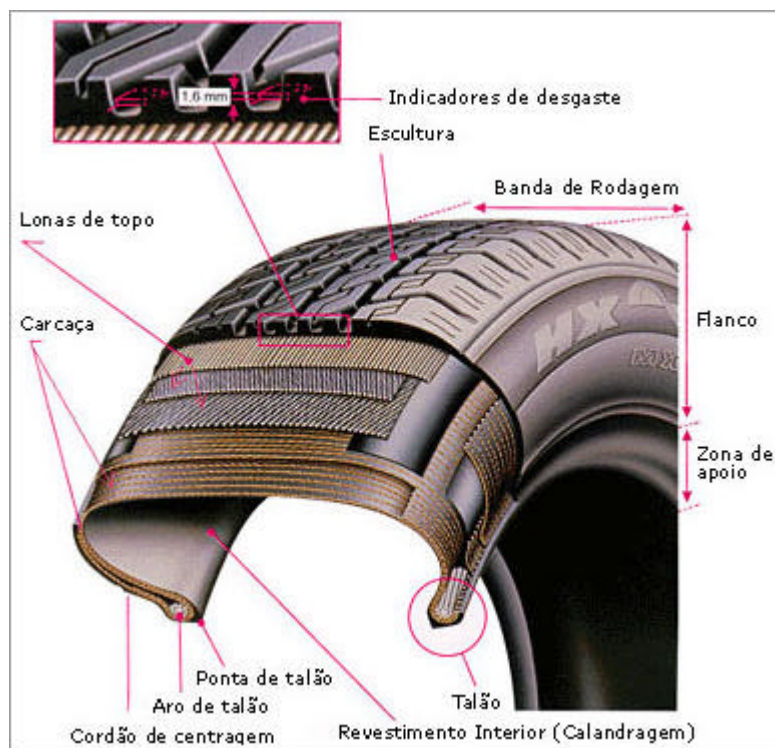


Figura 3.1 – Estrutura do Pneu (MICHELIN, 2004)

A banda de rodagem é a parte do pneu que entra diretamente em contato com o solo. Sua formação é dada por um composto de borracha que oferece grande resistência ao desgaste, apresentando também desenhos constituídos por partes cheias, denominadas biscoito, e partes vazias que são os sulcos, responsáveis pela aderência, tração, estabilidade e segurança do produto.

O talão é constituído por diversos arames de aço de alta resistência, unidos e recobertos por borracha, possuindo forma de um anel e tem a função de manter o pneu acoplado ao aro sem permitir vazamentos de ar.

A carcaça é a estrutura interna do pneu, responsável pela retenção do ar sob pressão e com função de suportar o peso do veículo. É constituída por lonas (de topo) de poliéster, náilon ou aço, dispostas no sentido diagonal ou radial.

Os flancos constituem a parte lateral do pneu e são responsáveis pela proteção da carcaça, dotados de borrachas com alto grau de flexibilidade.

Os pneus também podem ser classificados pela presença ou não de câmara de ar. Os que não possuem câmara a camada interna da carcaça possui uma camada de borracha denominada *liner* que garante a retenção do ar. Os pneus sem câmaras apresentam como principal vantagem o fator segurança, pois quando perfurados perdem o ar lentamente; além disso há o fato de apresentarem montagem e desmontagem mais rápida que os pneus que apresentam câmaras de ar.

Com o intuito de diferenciar os pneus existentes no dia a dia o CONAMA (2004), pela resolução nº 258 (ANEXO 1), apresenta a seguinte classificação dos pneus:

- pneu ou pneumático: todo artefato inflável, constituído basicamente por borracha e materiais de reforço utilizados para rodagem em veículos;
- pneu ou pneumático novo: aquele que nunca foi utilizado para rodagem sob qualquer forma, enquadrando-se, para efeito de importação, no código 4011 da Tarifa Externa Comum-TEC;
- pneu ou pneumático reformado: todo pneumático que foi submetido a algum tipo de processo industrial com o fim específico de aumentar sua vida útil de rodagem em meios de transporte, tais como recapagem, recauchutagem ou remoldagem, enquadrando-se, para efeitos de importação, no código 4012.10 da Tarifa Externa Comum-TEC;
- pneu ou pneumático inservível: aquele que não mais se presta a processo de reforma que permita condição de rodagem adicional.

Todo pneu, em algum momento, se transformará em resíduo que, se não for bem tratado e direcionado para a correta disposição final, causará graves problemas à saúde pública e ao meio ambiente. O próximo item aborda essa problemática com maiores detalhes.

3.3. Impacto Ambiental do Descarte de Pneus

Como tudo que é utilizado pelo ser humano, os pneus depois de usados se tornam um resíduo, devendo assim receber tratamento e disposição adequados, visando não causar danos à população e ao meio ambiente. As consequências mais comuns de descartes inadequados de pneus são: o assoreamento dos rios e lagos, o risco de incêndio, a ocupação de grandes

espaços em aterros (figura 3.2) e a proliferação de insetos que podem, inclusive, transmitir doenças graves.

Quando os pneus são estocados em aterros clandestinos ou mesmo em aterros sanitários, existe o risco de poluição devido à possibilidade de incêndio, tendo em vista que os pneus são compostos de material altamente inflamável. Caso ocorra um incêndio onde existe uma grande quantidade de pneus estocados, sem controle ou cuidados adequados, ficará muito difícil o combate do mesmo. Com a queima dos pneus a céu aberto são liberadas substâncias gasosas cancerígenas como carbono e enxofre, sem falar na contaminação do ambiente com metais pesados como, por exemplo, zinco, cromo, cádmio e chumbo, elementos presentes na composição química do pneu. Outro problema que os pneus inservíveis causam quando estocados sem a devida precaução em relação a sua proteção, é a possibilidade deles acumularem água das chuvas, tornando-se assim reservatórios de água parada, o que pode propiciar a proliferação de insetos causadores de doenças como o dengue e a febre amarela.



Figura 3.2 – Pneus Inservíveis a Céu Aberto

A Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP, 2004) estima que atualmente existam cerca de 100 milhões de pneus velhos em aterros, terrenos baldios, rios e lagos.

A geração de pneus de uma determinada região depende da quantidade de veículos existentes na mesma. Esse fator está intimamente relacionado ao poder aquisitivo e à

distribuição de renda da população. Segundo o Ambiente Brasil (2004b), a produção mundial de pneus novos está estimada em cerca de 2 milhões de pneus por dia, enquanto o descarte de pneus velhos chega a atingir, anualmente, a marca de quase 800 milhões de unidades. No Brasil a produção anual de pneus novos é da ordem de 40 milhões de unidades e quase a metade dessa produção, que leva, em média, seiscentos anos para se degradar, é descartada no mesmo período.

Visando diminuir o passivo ambiental criado pelos pneus inservíveis, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), publicou a Resolução nº 258 de 26 de agosto de 1999 (ANEXO 1) obrigando as empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos a coletar e dar destinação final apropriada aos pneus inservíveis existentes no território nacional, de forma que essa coleta deve ocorrer de forma proporcional às quantidades fabricadas e/ou importadas. A resolução entrou em vigor em janeiro de 2002 e a mesma define que desse ano até 2005 deverão ser recolhidos e destinados corretamente os pneus, conforme a tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Coleta de Pneus Inservíveis

ANO	Produzidos no Brasil ou importados novos	Importados reformados
2002	25%	25%
2003	50%	50%
2004	100%	125%
2005	125%	133%

Isso significa que as empresas fabricante de pneus e importadores deverão coletar e dar destinação final adequada aos pneus inservíveis de forma gradual, como segue:

- no ano de 2002 para cada 4 pneus novos fabricados no país ou importados, as empresas responsáveis tinham que dar destino final adequado a um pneu inservível, enquanto que no ano de 2003 esta relação deveria ser de 2 para 1;
- no ano de 2004 as empresas precisaram se comprometer a destinar corretamente 1 pneu inservível para cada pneu novo produzido no país ou importado novo, enquanto essa relação deveria ser de 5 descartados adequadamente para cada 4 importados reformados; e
- para o presente ano a resolução exige que para 4 pneus novos produzidos no Brasil ou importados novos, 5 inservíveis devem ser corretamente tratados, enquanto que, para

cada 3 importados reformados, as importadoras deverão dar destinação final adequada para 4 inservíveis.

Para o ano de 2006 está programada uma nova reavaliação dessa resolução pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA.

Com a existência dessa problemática e das exigências legais, muitos esforços estão sendo aplicados para buscar soluções que possam satisfazer todos os interessados, que estariam representado a sociedade, os fabricantes de pneus e os importadores. Uma grande dificuldade que se encontra no trato dos pneus inservíveis é a coleta dos mesmos que estão espalhados por todo o território nacional, quase sempre em lugares impróprios para sua armazenagem. O que também faz parte da problemática existente é o fato de os pneus ocuparem muito espaço e serem de difícil compactação. O próximo item trata de diferentes aplicações que podem ser feitas a partir dos pneus que chegaram ao final de sua vida útil.

3.4. Aplicações para Pneus Inservíveis

Os pneus que chegaram ao final de sua vida útil podem ser classificados em pneus reformáveis ou não reformáveis. Os reformáveis são os que podem ser reutilizados como pneus após passar por uma reforma, que depende de uma seleção muito rigorosa, objetivando a obtenção da qualidade do produto conjuntamente com sua segurança. Já os pneus inservíveis não reformáveis são aqueles que devem ter destino diferente. Muitas pesquisas vêm sendo realizadas em busca de novas tecnologias de reutilização, seja com o pneu inteiro, seja através da utilização da borracha na reciclagem ou na geração de energia. Dentre as aplicações que visam a reutilização do pneu preservando sua forma física e utilidade, destacam-se a recauchutagem e a remodelagem.

A recauchutagem consiste na remoção da banda de rodagem desgastada da carcaça do pneu para que então, através de um novo processo de vulcanização, seja colocada uma nova banda de rodagem (figura 3.3). Para que o pneu possa passar pelo processo de recauchutagem são necessários alguns requisitos, como por exemplo, ausência de cortes e deformações e que a banda de rodagem não esteja totalmente desgastada, ou seja, que a mesma ainda apresente os sulcos responsáveis pela aderência do pneu ao solo. Além disso, existe um número

limitado de vezes que um pneu pode ser recauchutado sem prejudicar seu desempenho, ou seja, após certo tempo o pneu velho se torna inservível.

Buscando a reutilização dos pneus, a recauchutagem é um processo que no Brasil chega a atingir 70 % da frota de transporte de cargas e de passageiros (SANTOS, 2002). Isso porque, com o referido processo, o tempo de vida de utilização do pneu aumenta cerca de 40 % (ANDRADE, PACHIEGA e EL-KHATIB, 2003) e o pneu apresenta valor de mercado até 70% mais barato que o pneu novo. Por isso, todo ano 11 milhões de pneus são recauchutados no Brasil, evitando assim a elevação dos custos de manutenção e o conseqüente aumento das tarifas de transporte público e dos fretes (REVISTA CNT, 2004).

Pode-se dizer que a recauchutagem de pneus de veículos leves não apresenta muitas vantagens econômicas, já que os pneus novos para esses veículos são considerados baratos quando comparados aos pneus de veículos de cargas e transporte de passageiros.

Mesmo a recauchutagem sendo um processo possível para a reutilização dos pneus, este não elimina o problema dos pneus inservíveis e sim prolonga o tempo de vida útil dos pneus.

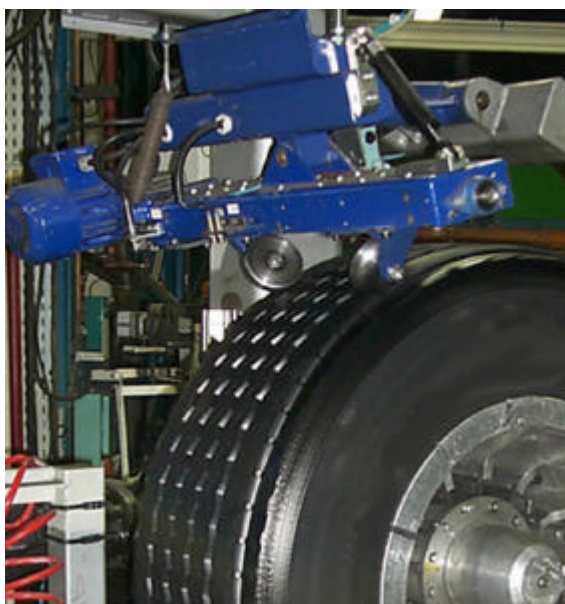


Figura 3.3 – Recauchutagem de Pneus

A remoldagem de pneus é um processo parecido com a recauchutagem; a diferença principal está na remoção da banda de rodagem e das partes laterais dos pneus. Assim, todo o pneu recebe uma nova camada de borracha e passa por um novo processo de vulcanização. Outro fato importante é que os pneus remoldados, pelo fato de utilizarem carcaças usadas como matéria-prima, não são pneus novos, mas sim novos produtos feitos a partir de pneus usados. Porém, dados do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) indicam que um pneu remoldado pode ser considerado como um pneu novo. As empresas de pneus remoldados dão garantia de 80 mil quilômetros rodados ou de cinco anos sem defeitos de fabricação (AMBIENTE BRASIL, 2004d).

No Brasil, a empresa BSColway possui capacidade para produzir 250 mil pneus remoldados por mês, o que atende a 40 % da demanda desses tipos de pneus no país (SANTOS, 2002). Porém a remoldagem de pneus no Brasil utiliza como matéria-prima pneus importados, principalmente da Europa, devido as suas melhores condições, o que está causando grande discussão no Senado Federal. Isso porque algumas pessoas argumentam que a importação desses pneus está transformando o país numa lixeira onde os pneus inservíveis de outros países são dispostos, resolvendo assim seus problemas com os mesmos. As discussões também têm conotação ambiental, já que existe uma grande preocupação quanto aos possíveis problemas que a reutilização desses pneus pode causar ao meio ambiente e à sociedade quando estiverem no processo de reaproveitamento (AMBIENTE BRASIL, 2004d).

Por outro lado, a atividade de remoldagem pode ser considerada importante para a economia nacional pois possibilita a geração de empregos. Um projeto de lei do Senado (216/03) determina que a importação de pneus para a recauchutagem obriga a destruição de dez pneus inservíveis para cada pneu tornado semi-novo. No caso dos pneus remoldados fica obrigatória a destruição de um pneu inservível para cada pneu importado.

Mesmo com todas as barreiras encontradas pelas recauchutadoras e remoldadoras, este setor encontra-se em plena expansão no país. O INMETRO já certificou a reforma de pneus de carros de passeio e está finalizando o processo de certificação de pneus utilizados para transporte de cargas e de passageiros (REVISTA CNT, 2004).

Com a busca por novos usos para os pneus em fim de vida útil que estão espalhados causando problemas em nível social e ambiental, muitas novas aplicações estão sendo desenvolvidas com bastante êxito, seja pela adoção do produto inteiro, seja pela utilização de materiais provenientes dos mesmos. Dentre tantas, destacam-se:

- pavimentos para estradas, onde os pneus são moídos e misturados ao asfalto aumentando sua elasticidade e durabilidade (KAMIMURA, 2002);
- contenção de erosão do solo, onde pneus inteiros, associados a plantas de raízes grandes, podem ser utilizados na contenção da erosão do solo (CARVALHO, 2004);
- combustível de forno para produção de cimento, cal, papel e celulose, onde a substituição do carvão pelo pneu apresenta grande vantagem, já que o pneu apresenta poder calorífico maior que o carvão utilizado nesses processos (ANDRADE, PACHIEGA e EL-KHATIB, 2003);
- pisos industriais, sola de sapatos, tapetes de automóveis ou borracha de vedação, onde os pneus, após passarem pelo processo de desvulcanização, são aplicados para os usos citados (CARVALHO, 2004);
- equipamentos para *playground*, onde os pneus podem ser utilizados como amortecedores de impactos dos brinquedos ou até mesmo como brinquedos, por exemplo, em balanços e obstáculos;
- limitação de territórios em esportes, como por exemplo, nos esportes automotivos;
- rampas para deficientes físicos nas cidades (ANDRADE, PACHIEGA e EL-KHATIB, 2003);
- barreiras de inércia, onde os pneus inteiros, preenchidos com areia, são utilizados para a redução dos impactos dos veículos (KAMIMURA, 2002);
- compostagem, onde a utilização dos pneus picados auxilia na aeração dos compostos orgânicos (CARVALHO, 2004);
- recifes artificiais para reprodução de animais marinhos, onde os pneus se transformam num ambiente propício para o desenvolvimento da fauna e flora (SANTOS, 2002);
- enchimento de aterros, onde os pneus picados ou inteiros substituem parte do agregado com baixo custo e mantêm o solo com boa drenagem (SALINI, 2000);

- proteção de taludes em rios e canais (SALINI, 2000);
- obras de drenagem, onde os pneus, unidos para formar um tubo, substituem os bueiros (KAMIMURA, 2002);
- produção de camisetas (RECAUFAIR, 2004);
- pirólise, que consiste na decomposição química dos pneus por calor na ausência de oxigênio tendo como resultado gás, óleo, carbono e aço (SANTOS, 2002); e
- desvulcanização, onde o pneu velho, após passar por esse processo, volta a ser borracha, esta podendo ser utilizada em diversas aplicações, inclusive na produção de novos pneus (REVISTA FAPEMIG, 2004).

Todas essas aplicações podem ser reunidas em três conjuntos de aplicações, a utilização dos pneus em obras ou para pavimentação de estradas, para produção de energia e para a produção de novos produtos de borracha, como apresentado na figura 3.4 que ilustra o ciclo de vida do pneu e suas utilizações.

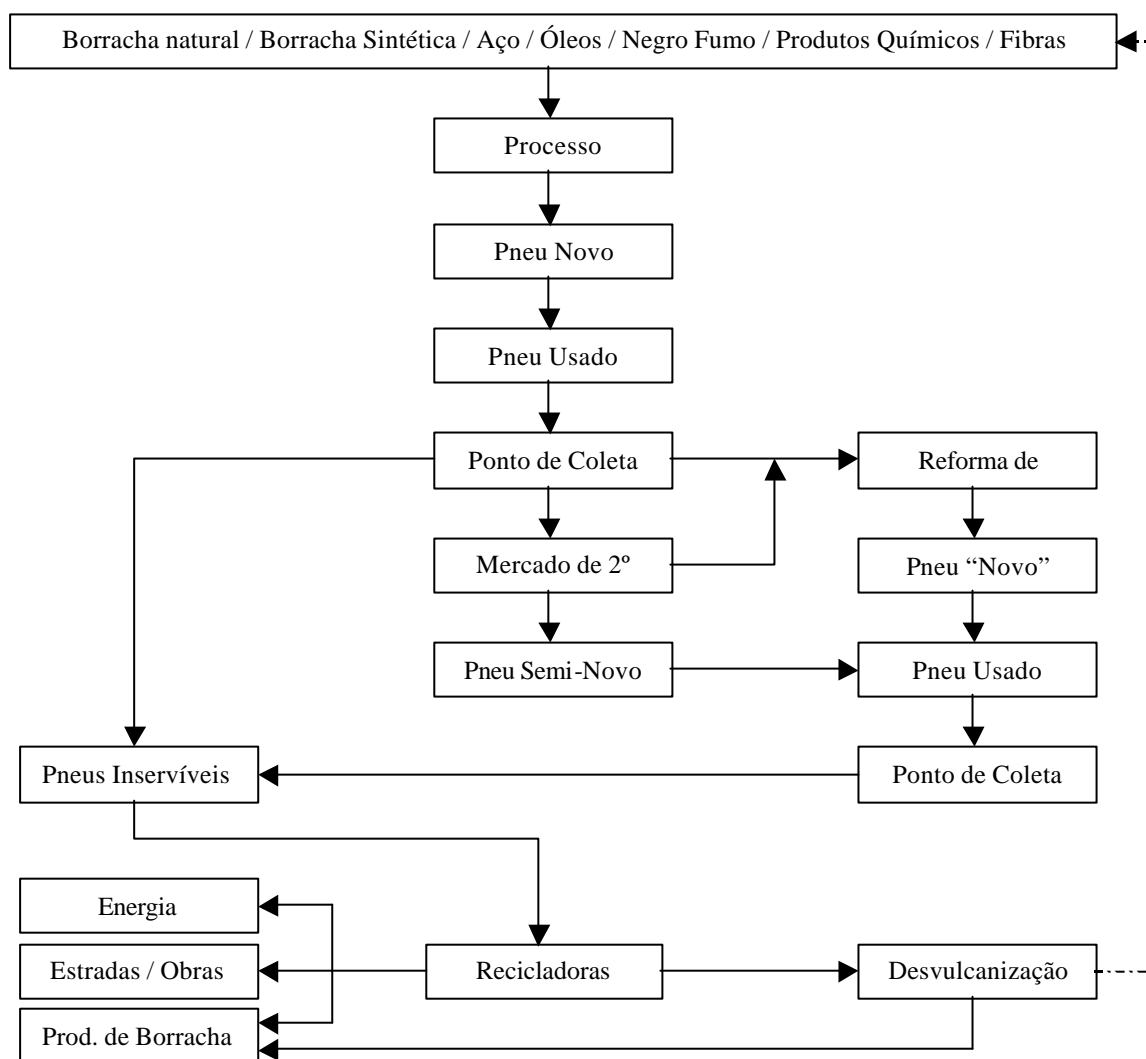


Figura 3.4 – Ciclo de Vida do Pneu

Com a crescente busca por novos meios para solucionar o problema dos pneus inservíveis, muitas discussões estão sendo realizadas e o estado do Paraná está sendo um exemplo de que esse problema tem solução, com um programa que visa acabar com o problema do mosquito *Aedes Aegypti*, que usa pneus como local para reprodução, causando a doença chamada dengue. Esse programa aplicado no Paraná, que será abordado com maior profundidade no próximo item, obteve resultados positivos com redução de 99,7 % dos casos de dengue no estado (AMBIENTE BRASIL, 2004c).

3.5. Programa Paraná Rodando Limpo

Convencidos de que os fabricantes e importadores de pneus deviam se comprometer com a destruição dos mesmos ao final de sua vida útil, contribuindo assim para a preservação do meio ambiente e da saúde pública e não somente com a produção e qualidade do pneu, os dirigentes da empresa BSColway Pneus, fábrica de pneus remoldados, elaboraram uma minuta de Resolução que propuseram no Conselho Nacional do Meio Ambiente. Cerca de um ano e meio depois foi aprovada a Resolução CONAMA n° 258/99, obrigando, a partir de janeiro de 2002, que as empresas fabricantes e importadoras de pneus coletassem no território brasileiro e destruíssem todos os pneus inservíveis existentes, cada uma delas na proporção de sua participação no mercado.

Ao constatar a problemática do pneu-lixo junto à sociedade, a BSColway criou o Programa Rodando Limpo na região metropolitana de Curitiba, sem gerar qualquer custo adicional aos cofres públicos. Em conjunto com as Secretarias Municipais de Saúde, do Meio Ambiente e da Educação realizou um mutirão para coletar pneus velhos, visando erradicar a dengue na região. O sucesso alcançado nos 26 municípios integrantes do programa fez com que a BSColway propusesse ao governo do estado a implementação do Programa Rodando Limpo em todos o Paraná, abrangendo agora todos os recicláveis e unindo forças na organização dos coletadores. Desta forma, a partir de fevereiro de 2003 foi instituído o Programa Paraná Rodando Limpo, atendendo a todos os municípios do Paraná, bem como a cidade catarinense de Joinville.

Em conjunto com a sociedade civil o programa tem como objetivos a prevenção da propagação de doenças como a dengue e febre amarela e a preservação do meio ambiente através da coleta de pneus inservíveis e todos os tipos de materiais recicláveis. A destruição ambientalmente correta desses pneus, o aproveitamento das substâncias por ele geradas, além da criação de empregos e a criação de cooperativas de coletadores de resíduos sólidos (PARANÁ RODANDO LIMPO, 2004), são ainda benefícios decorrentes do programa. O público-alvo é a população local, beneficiada pela prevenção às doenças citadas e geração de empregos, e o próprio território paranaense pela limpeza de resíduos sólidos e sua preservação. Os maiores beneficiados pelo conjunto de resultados do programa, sem dúvida nenhuma sempre serão os integrantes das classes menos favorecidas, indefesas em relação aos

males causados pela poluição ambiental e por doenças epidêmicas como a dengue e a febre amarela urbana. Além disso algumas famílias, integrantes dessa classe menos favorecida, poderão ser beneficiadas pela comercialização de pneus e outros resíduos recicláveis.

São parceiros do programa (PRÊMIO VALOR SOCIAL 2003, 2004):

- O Governo do Estado do Paraná, que apóia o desenvolvimento do programa e mobiliza as sociedades civil e pública;
- A Federação das Associações Comerciais, Industriais e Agrícolas do Paraná (FACIAP), que coordena a implementa o programa;
- As Secretarias da Saúde e Meio Ambiente municipais e estaduais, que participam do planejamento e controle dos resultados das doenças a serem combatidas e da coleta de resíduos sólidos;
- As Secretarias da Educação municipal e estadual, que coordenam a conscientização e a mobilização dos estudantes no que se refere a prevenção das doenças e preservação do meio ambiente;
- A Associação dos Municípios do Paraná (AMP), que auxilia na coordenação das campanhas desenvolvidas nos municípios;
- A Associação Comercial e Industrial de Maringá (ACIM), que coordena a realização do Programa Paraná Rodando Limpo em Maringá;
- A Associação dos Municípios do Setentrião Paranaense (AMUSEP), que coordena a realização do Paraná Rodando Limpo nos 30 municípios da referente micro-região;
- ITAIPU BINACIONAL, que coordena os trabalhos nos municípios vizinhos do lago Itaipu, tanto no lado do Brasil, como no lado do Paraguai;
- A Petrobrás, que realiza a destruição dos pneus previamente picados co-processando-os em conjunto com a rocha de xisto betuminoso, para produzir óleo combustível, gás e enxofre;
- A Rede Paranaense de Comunicação (RPC), que é responsável pela divulgação do programa;
- O Sistema Federação das Indústrias do Estado do Paraná e seus órgãos SESI e SENAI, que propicia recursos financeiros para a produção de campanhas de esclarecimento e motivação à sociedade e para a compra de carrinhos próprios para a coleta de resíduos sólidos, estes doados para as cooperativas de catadores; e

- Os Clubes de Serviço Rotary e Lions, que atuam na mobilização, conscientização e união de esforços comunitários para uma correta separação dos resíduos.

Outro participante de grande importância no sucesso do programa é o receptor de recicláveis, ou seja, o coletador. É seu dever (PARANÁ RODANDO LIMPO, 2004):

- Receber o material devidamente classificado e identificado por origem;
- Emitir recibo da quantidade e espécie recebida;
- Controlar estoque em condições de armazenamento adequadas as normas ambientais e sanitárias;
- Organizar remessa de carga para a BSColway; e
- Receber os numerários referentes à transação comercial dos reciclados.

Com a consolidação da logística de coleta dos resíduos sólidos recicláveis e, por consequência, com a eliminação total de todo pneu inservível do meio ambiente, fica estabelecida a coleta destes diretamente no gerador; assim, o pneu usado não é depositado de forma incorreta no meio ambiente.

A BSColway, como principal responsável do programa, possui as seguintes obrigações (PARANÁ RODANDO LIMPO, 2004):

- Participar, em conjunto com os municípios, na orientação da tarefa de coletar os pneus inservíveis no território de cada um, incluindo as respectivas associações de bairros, cooperativas e sindicatos;
- Alocar recursos financeiros na base de R\$ 0,75 para cada pneu inservível de automóvel e de R\$ 1,20 por pneu de caminhonete, que for entregue na BSColway;
- Realizar a picagem dos pneus entregues em sua fábrica, em Piraquara (cidade da região metropolitana de Curitiba), adequando suas dimensões para serem co-processados em conjunto com a rocha de xisto pirobetuminoso na Usina de Xisto da PETROBRAS (localizada na cidade paranaense de São Mateus do Sul);
- Prover os recursos necessários para o transporte dos pneus picados até o local de seu processamento e destinação final de forma ambientalmente adequada;
- Pagar pelo processamento e destinação final de forma ambientalmente adequada dos pneus inservíveis picados; e
- Participar da campanha de divulgação dos benefícios obtidos com o programa.

A proposta ambiental da BSColway, ao remoldar pneus, está em aumentar a vida útil deles e auxiliar na preservação do meio ambiente mundial. Isso se deve à utilização em menor escala da borracha e do reaproveitamento do pneu usado, além da não produção de pneus novos. Os pneus remoldados da BSColway são vendidos com garantia para rodar até 80 mil km, com 5 anos de garantia contra defeitos de fabricação e custam 35% a menos do que os pneus tradicionais do Brasil. Cada pneu remoldado fabricado, em substituição a um novo, promove a economia de recursos naturais não renováveis, economizando 20 litros de petróleo para cada pneu de automóvel produzido e 40 litros de petróleo, no caso dos pneus de caminhonete (PRÊMIO VALOR SOCIAL 2003, 2004).

Ainda nessa trilha de política ambiental, como já foi dito neste texto, a direção da empresa acredita que as indústrias devem ser responsabilizadas por suas produções e automaticamente pelo impacto que essas terão sobre o meio ambiente, principalmente quando seus produtos deixarem de ter utilidade. Por esse motivo, iniciou, sob forma de testes no ano de 1998 a destruição dos pneus, em conjunto com a Petrosix/PR. Cabe a essa última a armazenagem e o co-processamento dos pneus, bem como o transporte e a disposição do material inerte oriundo do processo.

Tal processo ocorre da seguinte maneira: os pneus velhos são levados por coletadores para a BSColway, onde são triturados em pedaços de 10 por 10 cm e transportados para a Unidade de Negócio e Industrialização do Xisto da Petrobrás, onde são co-processados em conjunto com a rocha de xisto pirobetuminoso, na proporção de 50 kg de pneus picados para 950 kg de rocha de xisto, produzindo-se como resultado gás, óleos combustíveis, gás de cozinha (GLP) e enxofre. Com esta mistura, é possível obter ganhos em produtividade em torno de 11% e economias de recursos naturais não-renováveis, no caso, a rocha de xisto.

A capacidade atual da Petrobrás permite reciclar 140 mil toneladas/ano, o equivalente a 27 milhões de pneus. A Petrosix está recebendo pneus da região do Paraná, Santa Catarina, São Paulo e Rio de Janeiro e está processando 48 toneladas de material por dia, que representa apenas 12 % de sua capacidade total de processamento (PETROBRAS, 2004). No ano de 2000, o Instituto Ambiental do Paraná (IAP) concedeu a licença operacional para a Petrosix processar os pneus inservíveis coletados e fornecidos pela BSColway, que financiou todo o

processo. Em 31 de janeiro de 2002, a empresa atingiu a marca de um milhão de pneus reciclados.

A figura 3.5 apresenta as várias etapas envolvidas na reciclagem dos pneus que foram entregues na Petrosix, picados, prontos para o co-processamento.

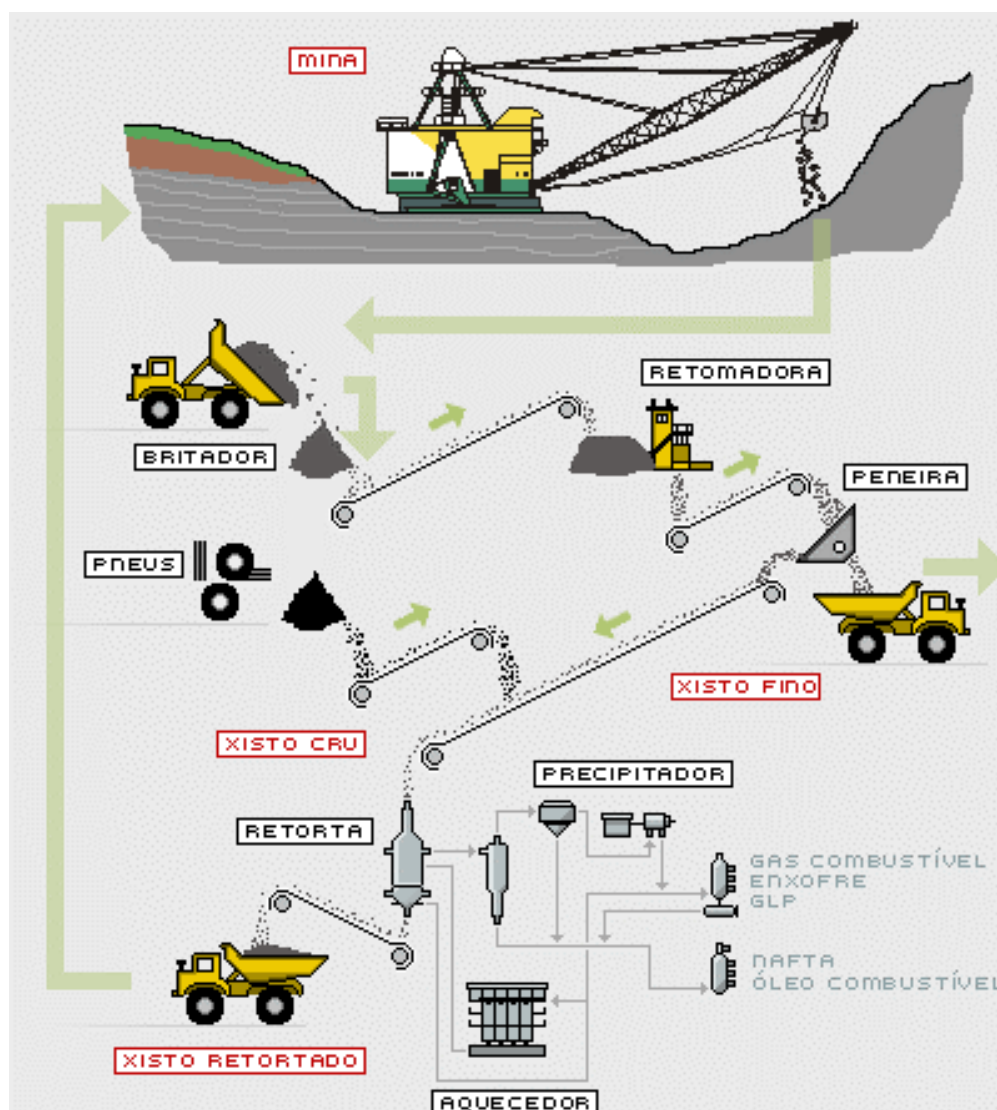


Figura 3.5 – Processo Petrosix com Pneus

Segundo a BSColway (PRÊMIO VALOR SOCIAL 2003, 2004), o grande resultado da estratégia implementada pelo Programa Paraná Rodando Limpo foi o processo de co-responsabilidade, consciência ambiental e comunitária e de cidadania gerado no público alvo, sempre a custo zero para a população. O programa teve o seu primeiro e importante resultado efetivo em Curitiba e região, onde foi comprovada a erradicação da dengue. Até fevereiro de

2004, o programa coletou e destruiu cerca de oito milhões de pneus velhos, extinguindo-se a sua existência a céu aberto, no território paranaense. A mobilização dos catadores para a coleta de resíduos sólidos, organizados e fortalecidos em cooperativas, ocasionou um aumento na média de renda dessas pessoas em até dois salários mínimos, gerando-se também, postos de trabalho permanentes.

Quanto à BSColway, por seu investimento na busca de excelência de seu produto, ela tornou-se, no mês de junho de 2003, a primeira e única empresa do Brasil a poder ostentar a marca de qualidade do INMETRO, gravada na lateral dos seus pneus remoldados.

Ainda em relação à empresa, a filosofia e ações adotadas por ela proporcionaram a produtividade de 130% em relação à capacidade nominal das máquinas, tornando a mesma a mais produtiva do mundo. Além disso, a BSColway tem sido reconhecida pelos clientes e fornecedores como uma empresa brasileira do setor de pneus altamente responsável socialmente. Na área de mercado, as vendas de pneus da BSColway têm aumentado; por esse motivo o planejamento da empresa prevê a implantação de 400 Centros de Serviços Autorizados BSColway Pneus – CSA, a serem materializados nos próximos cinco anos, com o objetivo de melhorar ainda mais o atendimento dos compradores de seus pneus. Além disso, acredita-se que a empresa poderá melhorar seus resultados, principalmente se forem feitos estudos sobre a localização dos pontos de coleta de pneus.

Conforme já mencionado, o presente trabalho visa realizar estudos nessa área, para tanto, faz-se necessário apresentar algum método de localização de facilidades, o que é objetivo do próximo capítulo.

CAPÍTULO 4 – MODELO PROPOSTO PARA LOCALIZAÇÃO DOS RECEPTORES DE PNEUS INSERVÍVEIS

4.1. Introdução

Conforme apresentado nos capítulos anteriores os pneus inservíveis representam um grande problema para a sociedade e fabricantes de pneus, já que ainda não se encontrou uma solução que possa resolver o problema da disposição final adequada desses produtos. Os pneus inservíveis estão presentes em todo o território nacional e devido a esse motivo sua coleta apresenta um grande problema, a grande extensão territorial do Brasil. Da mesma forma a quantidade e a localização desses pneus não ajuda na elaboração dos planos de sua coleta para posterior utilização ou correta disposição final.

Dentro desse contexto faz-se importante a realização de estudos para determinar quantos devem ser os pontos de recepção destes pneus e onde localizá-los, visando uma estrutura logística que resulte na quantidade adequada de pneus recolhidos e os menores custos para a coleta dos mesmos.

4.2 - O Problema de Localização de Instalações

A determinação dos locais que devem ser instalados pontos de coleta em uma rede logística é um problema relevante e que de certa forma influencia substancialmente todo o processo logístico de uma empresa. Por instalação entende-se, por exemplo, pontos de coleta de material, centros de distribuição, postos de serviços emergenciais, instalações fabris etc.

Segundo Ballou (1993), para que seja possível tomar essa decisão da forma mais acertada, é preciso considerar alguns fatores que têm influência direta no processo e que podem levar à diminuição das opções viáveis. Dentre estes fatores destacam-se:

- Leis de zoneamento locais;
- Atitude da comunidade e do governo local com relação à instalação;

- Custos de desenvolvimento e conformação do terreno, assim como os custos de construção da instalação;
- Acessibilidade a serviços de transporte, verificando o tráfego nas redondezas do local;
- Potencial para expansão;
- Disponibilidade e produtividade da mão de obra local; e
- Segurança do local.

As decisões da localização evoluem basicamente a determinação do número, do local específico e do tamanho das instalações a serem adotadas. Os objetivos principais são a redução dos custos de transporte desde as instalações até seus pontos de entrega e, nos piores casos possíveis, a determinação da melhor localização da instalação para que os atendimentos sejam realizados com a máxima rapidez possível.

Os problemas de localização que visam a rapidez de atendimentos são conhecidos como os problemas de p -centros. Já os problemas de localização que visam a redução dos custos de transporte são conhecidos por problema das p -medianas.

Dadas as duas possibilidades, considera-se que o problema em questão se adapta melhor à estrutura das p -medianas, onde o objetivo é a minimização dos custos relativos aos transportes.

É apresentada a seguir a formulação do problema das p -medianas, que permite que cada ponto pertencente ao grafo seja considerado como demanda ou instalação, ou seja, qualquer ponto é uma possível mediana. Grafo é definido como sendo um par ordenado (V,E) , onde V é um conjunto e E uma relação binária sobre V . Os elementos de V são denominados de vértices ou pontos, e os pares ordenados de E são denominados de linhas ou arcos do grafo (RABUSKE, 1992). O objetivo do problema das p -medianas é determinar a localização exata de p instalações sobre os vértices de um grafo, que deverão atender a um conjunto existente de demandas, sendo que o somatório das distâncias percorridas de cada ponto de demanda até a instalação mais próxima, ponderada pela respectiva demanda, seja o menor possível.

Sendo assim o problema a ser resolvido é:

$$\text{Min} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N C_{ij} X_{ij} \quad \text{onde} \quad C_{ij} = D_{ij} V_j \quad (4.1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^N X_{ij} = 1, \quad \forall j = 1 \dots N \quad (4.2)$$

$$\sum_{j=1}^N X_{ij} \leq N * X_{ii}, \quad \forall i = 1 \dots N, \quad (4.3)$$

$$\sum_{i=1}^N X_{ii} = p \quad (4.4)$$

$$X_{ij} \in \{0,1\}, \quad \forall ij = 1 \dots N. \quad (4.5)$$

Onde:

X_{ij} – variável binária, $X_{ij}=1$ se j entrega para i e $X_{ij}=0$ em caso contrário;

N – nº de vértices no grafo;

D_{ij} – distância do vértice i ao vértice j ;

V_j – demanda do vértice i para levar ao vértice j ;

p – número de instalações que serão medianas.

A equação 4.1 representa a função objetivo do problema de localização das instalações, que deve minimizar a soma do produto entre as demandas de cada vértice com a distância destes até as respectivas medianas, enquanto que as outras equações são as restrições do problema que garantem que:

- cada vértice de demanda j é obrigado a ter exatamente uma mediana associada a ele (equação 4.2);
- se o vértice i não é mediana então nenhum vértice j poderá estar associado a ele (equação 4.3);
- definição do número total de vértices medianas, que deve ser igual a p (equação 4.4), e
- o valor da variável X seja binário, ou seja, 0 ou 1 (equação 4.5).

Nesse problema as instalações são limitadas a estarem entre os pontos de demanda e suprimentos. Os custos que afetam a localização referem-se ao transporte realizado. O número de instalações a ser localizado é especificado antes da solução.

Para resolver esse tipo de problema existem algumas técnicas de solução dentre as quais destaca-se:

- Programação linear inteira, que é considerado o método mais promissor e mais utilizado em modelos de localização comerciais (BALLOU, 2003, p. 388), porém restrita aos problemas de pequenas dimensões; e
- O algoritmo aproximado de Teitz e Bart que será apresentado a seguir e que foi adaptado para ser utilizado na resolução do problema deste trabalho.

Segundo Christofides (1975) o método das p-medianas pode ser apresentado como sendo um procedimento onde primeiramente é feita a escolha de p vértices, aleatórios, que formam um conjunto inicial S, considerado uma aproximação inicial para o problema das p-medianas. Depois é feito o teste para verificar se algum outro vértice do conjunto ($x_j \in X-S$) pode ser recolocado como um vértice mediana, produzindo então um novo conjunto $S' = S \cup \{x_j\} - \{x_i\}$, onde a transmissão $T(S')$, que representa o custo final, é menor que a transmissão inicial $T(S)$. Define-se $T(S)$ pela seguinte expressão:

$$T(S) = \sum_{x_j \in X} V_j \min_{x_i \in S} [d(X_i, X_j)]$$

Caso a nova transmissão seja menor, é efetuada a substituição do vértice inicial x_i por x_j , sendo o conjunto S' uma aproximação melhorada para a solução do problema de p-medianas. Esse teste é feito até que não exista nenhum vértice para substituir o existente, ou seja, o conjunto final é a melhor aproximação possível para o problema.

Com o procedimento descrito acima, Teitz e Bart propuseram um algoritmo com 5 passos, conforme segue (CHRISTOFIDES, 1975, p.116):

1. Selecionar um conjunto S, de p vértices, para formar a aproximação inicial das p-medianas. Chame todos os outros vértices fora do conjunto S ($x_j \notin S$) de “não verificado”.

2. Selecionar algum vértice “não verificado”, não pertencente ao conjunto S ($x_j \notin S$) e, para cada vértice pertencente ao conjunto S ($x_i \in S$), calcule a redução R_{ij} no valor da transmissão do conjunto, se x_j substituir x_i , isto é, $R_{ij} = T(S) - T(S \cup \{x_j\} - \{x_i\})$.
3. Achar a maior redução possível no conjunto S , ou seja, $R_{i_0j} = \underset{x_i \in S}{\text{Max}}[R_{ij}]$
 - se $R_{i_0j} \leq 0$ chame x_j de “verificado” e vá para o passo 2;
 - se $R_{i_0j} > 0$ faça $S = S \cup \{x_j\} - \{x_{i_0}\}$, chame x_j de “verificado” e vá para o passo 2.
4. Repetir os passos 2 e 3 até que todos os vértices $X-S$ tenham sido verificados. A este processo denomina-se de ciclo. Se durante o último ciclo nenhuma substituição de vértice foi feita vá para o passo 5. Caso algum vértice tenha sido substituído, chame todos os vértices de “não verificado” e volte para o passo 2.
5. Parar. O conjunto atual é considerado o conjunto solução para o problema de p -medianas.

4.3 – Caracterização do Problema

Como já foi dito no presente trabalho, com a aprovação da resolução nº 258 do CONAMA as empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos estão obrigadas a coletar e dar destinação final apropriada aos pneus inservíveis existentes no território nacional, sendo que esta coleta deve ocorrer de forma proporcional às quantidades fabricadas e importadas. Sendo assim, o presente trabalho aborda este problema sob duas óticas, uma referente às associações de coletadores de pneus inservíveis e outra referente à empresa receptora de pneus, no caso, a BSColway.

Independentemente da ótica, o problema apresenta a mesma configuração, conforme mostra a figura 4.1. Na figura, os pontos amarelos são as cidades que possuem pneus a serem coletados para uma correta disposição final, ou seja, são os chamados pontos de demanda; os quadrados vermelhos representam os pontos de coleta, que concentram os pneus recebidos das cidades vizinhas até que a quantidade seja suficiente para levá-los ao seu destino final; o último ponto é a própria BSColway, representado pelo ponto central dentro de um círculo, que tem como função dar o correto destino para os pneus entregues em suas dependências, em troca de uma remuneração fixa para cada pneu recebido.

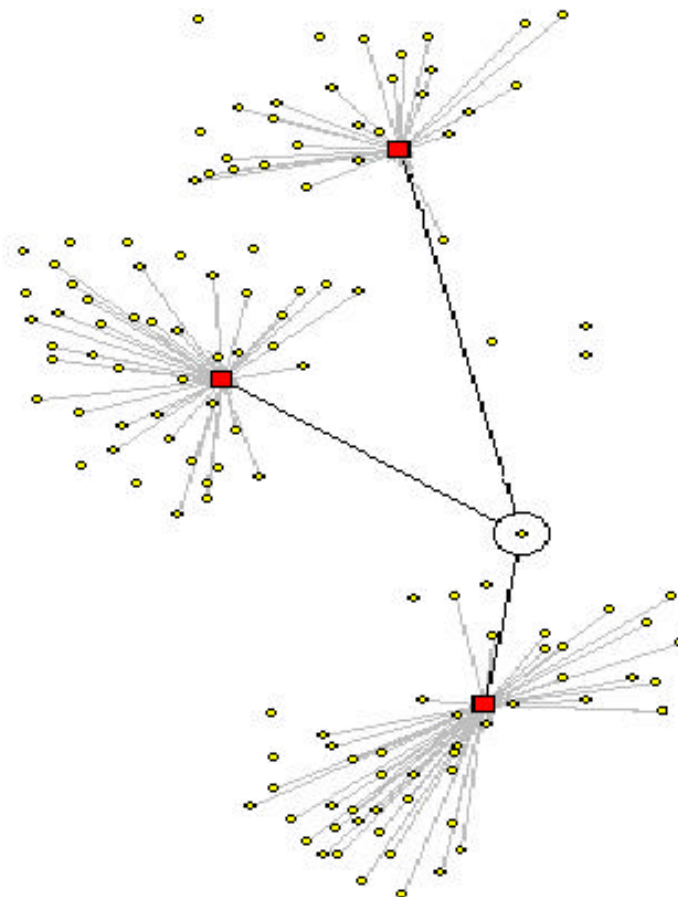


Figura 4.1 – Configuração do Problema

Do ponto de vista das associações, que visam maximizar seus ganhos com a coleta e a entrega dos pneus no ponto de destino (BSColway), existe o interesse em alocar a maior quantidade de pontos de coleta de modo a maximizar a receita. Porém, quanto maior o número de pontos de coleta, maiores serão os custos fixos das associações, sendo então necessário conhecer o número correto de pontos de coleta de modo que o ganho seja máximo, conforme mostra a figura 4.2.

Em geral os pontos de coleta são supridos pelos pontos de demanda localizados na área circunvizinha. Apesar da não obrigatoriedade dos pontos de demanda participarem da coleta de pneus, a participação dos mesmos se dará se for vantajosa a contrapartida paga por cada pneu recolhido, isto é, se os custos com a coleta e o transporte forem cobertos. Esses custos de transporte apresentam duas parcelas. A primeira delas é referente ao transporte do ponto de demanda até o ponto de coleta, e a segunda diz respeito ao transporte dos pontos de coleta até o ponto de destino final, no caso a BSColway. Sendo assim, o valor pago pela

BSColway por cada pneu entregue deve ser superior a soma destas duas parcelas para que um dado ponto de demanda participe do programa.

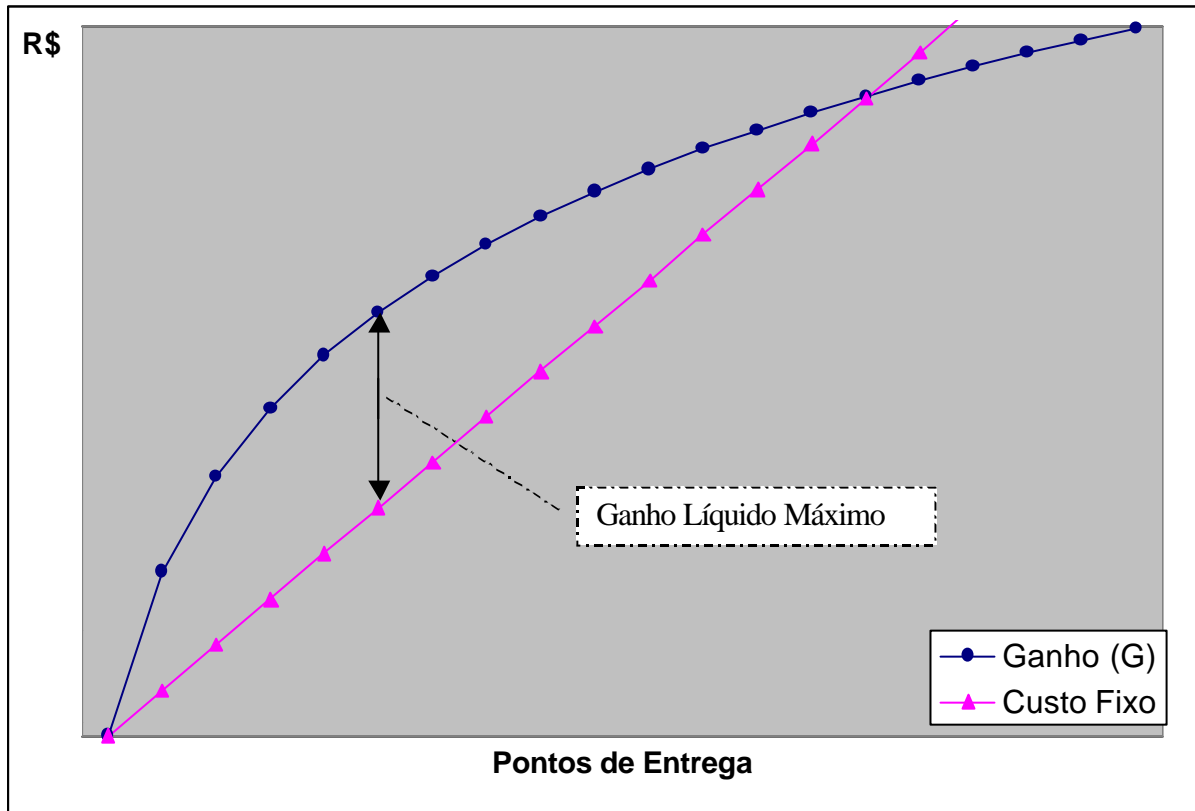


Figura 4.2 – Ganho Máximo para um dado valor de C_{pneu} .

Assim, sob o ponto de vista das associações de coletadores de pneus, foi elaborada uma formulação matemática para a resolução desse problema. Note-se que para cada valor de C_{pneu} uma solução distinta é obtida, conforme segue:

$$\text{Max } G = \sum_i \sum_j [V_j(C_{pneu} - C2 * dbi - C1 * dij)] X_{ij} - C_f * p \quad (4.6)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^N X_{ij} \leq N * X_{ii}, \quad \forall i = 1 \dots N \quad (4.7)$$

$$\sum X_{ii} = p \quad (4.8)$$

$$Q = \sum_i \sum_j V_j * X_{ij} \quad (4.9)$$

$$X_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall ij = 1 \dots N \quad (4.10)$$

Onde:

X_{ij} – variável binária, $X_{ij}=1$ se j entrega para i e $X_{ij}=0$ em caso contrário

N – nº de vértices no grafo (mapa);

db_i – distância da BSColway ao vértice i ;

d_{ij} – distância do ponto de coleta i ao ponto de demanda j ;

C_{pneu} – Valor pago pelo pneu na BSColway;

C_1 – custo do transporte de um pneu do ponto de demanda j ao ponto de coleta i ;

C_2 – custo do transporte de um pneu do ponto de coleta até a BSColway;

V_j – demanda existente do vértice j ;

p – número de instalações que serão medianas;

Q – quantidade total de pneus recolhidos;

G – ganho líquido das associações de coletadores;

C_f - custo fixo de um ponto de coleta.

A equação 4.6 representa a função objetivo do problema de localização das instalações, que visa a maximização do ganho com a entrega dos pneus na BSColway, descontados os custos com o transporte desses até a mesma e os custos fixos das instalações de coleta. As outras equações são as restrições do problema que são iguais às equações 4.3, 4.4 e 4.5 apresentadas anteriormente. Entretanto a equação 4.2, também já apresentada, não faz parte desse problema pois não existe a obrigatoriedade de que cada vértice esteja associado a uma mediana. Além disso a equação 4.9, que representa o somatório da demanda disponível nos pontos de coleta, é calculada para estimar o volume de pneus que será coletado para um dado valor de C_{pneu} .

Do ponto de vista da BSColway, portanto, a questão é muito mais simples. Dada a necessidade de recolher uma quantidade definida de pneus inservíveis, fixado pela legislação em face ao volume de pneus remoldados colocados no mercado, cabe à referida empresa determinar o valor a ser pago por cada unidade recebida, de modo a assegurar esse volume.

Como pode-se observar, de modo intuitivo, quanto maior o valor pago pela unidade recebida, maior o interesse da associação de coletadores em expandir a área de coleta, pois, com isto são cobertos os custos de coleta e transporte em áreas mais distantes. Em outras palavras, a função $Q(C_{pneu})$, criada com base na resolução do modelo 4.6 a 4.10, para os diversos valores de C_{pneu} , é crescente, e a questão básica a ser resolvida é a determinação do preço mínimo que garante o volume de coleta desejado. Tal problema pode ser resolvido através de uma inspeção direta da função $Q(C_{pneu})$. Finalmente, obtido o valor de C_{pneu} , é possível determinar, a solução para o problema de localização dos pontos de coleta.

4.4 – Algoritmo de Solução (Teitz e Bart Modificado)

Na prática, a resolução do modelo 4.6 a 4.10, é feita com a aplicação sistemática do algoritmo de Teitz e Bart, modificado quanto à forma de cálculo do valor da transmissão. Com o objetivo de maximizar a função 4.6, define-se a transmissão $T(S)$, como:

$$T(S) = \sum_j \{ \max[0; V_j (C_{pneu} - \min_{i \in S} (C_2 d_{bi} + C_1 d_{ij}))] \} \quad (4.11)$$

Onde:

V_j – demanda existente do vértice j ;

C_{pneu} – Valor pago pelo pneu na BSColway;

C_1 – custo do transporte de um pneu do ponto de entrega i ao ponto de coleta j ;

C_2 – custo do transporte de um pneu do ponto de entrega até a BSColway;

d_{bi} – distância da BSColway ao vértice i ;

d_{ij} – distância do ponto de coleta i ao ponto de demanda j ;

Na expressão acima, note-se que um dado ponto de demanda j somente será computado para a transmissão $T(S)$, se o ganho obtido pela associação de coletadores for positivo, em cujo caso o ponto de demanda participa do programa de coleta. Em caso contrário, se o ganho é negativo ou nulo, o ponto de demanda será descartado do programa.

Dado um valor de C_{pneu} , o algoritmo de Teitz e Bart, modificado pela expressão 4.11, poderá ser aplicado para distintos valores de p , determinando, em cada caso, a quantidade de pneus coletados Q , e os valores de transmissão correspondentes (ganho operacional). Tais

valores de transmissão, descontados dos custos fixos das p instalações, determinam o ganho líquido correspondente. Entre os vários valores de p , seleciona-se aquele que maximiza o ganho líquido da associação, em face ao valor de C_{pneu} arbitrado pela BSColway, sendo esta a solução do modelo.

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS OBTIDOS

5.1. Introdução

Antes de apresentar os resultados propriamente ditos obtidos com a resolução do problema de localização dos pontos de coleta de pneus, faz-se necessário apresentar os valores utilizados na efetiva aplicação e as considerações que foram feitas para que o problema se tornasse passível de resolução.

Para que fosse possível utilizar o modelo proposto no capítulo anterior, alguns parâmetros foram estimados. Isso se deu principalmente pela falta de informações concretas sobre os mesmos e pela grande dificuldade de se determinar um comportamento único para os diferentes pontos de coleta. Considerações precisaram ser feitas, por exemplo, quanto ao tipo de veículo utilizado e à distância percorrida por esse antes de levar a carga de pneus inservíveis para o seu destino final.

5.2. Considerações para a Resolução do Modelo Proposto

5.2.1. Área de Atuação

O primeiro passo foi buscar uma forma de apresentar os municípios do Brasil em um mapa, para que fosse possível obter as distâncias entre os municípios. Sendo assim, utilizou-se uma malha digitalizada do Brasil, disponibilizada pelo Laboratório de Transportes da Universidade Federal de Santa Catarina. Com esses dados em mãos, delimitou-se a área de estudo de modo a considerar os estados de São Paulo, com 645 municípios, Paraná, com 399 municípios e Santa Catarina, que possui 293 municípios, totalizando uma rede com 1337 municípios. Com essa malha, montou-se a matriz de distância entre as cidades.

5.2.2. Demanda de Pneus Inservíveis

Para cada município delimitado pela área de estudo foi determinada a demanda de pneus inservíveis. Como não existem dados oficiais referentes a essa, esses valores tiveram que ser determinados. Com dados do DENATRAN de fevereiro de 2004 (DENATRAN, 2004), foram verificadas as quantidades de automóveis e caminhonetes cadastrados em cada município, chegando ao número aproximado de 28 milhões de veículos. Segundo o Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE, 2004) o Brasil produz cerca de 45 milhões de pneus por ano, onde aproximadamente um terço desses são exportados e o restante, cerca de 30 milhões de pneus, serve para abastecer o mercado nacional. Desta forma adotou-se que cada veículo adquire um pneu novo por ano, deixando assim um pneu inservível para ser coletado e encaminhado para o destino final. Sendo assim, com base no número de veículos licenciados em cada município, foi possível determinar aproximadamente a quantidade de pneus inservíveis a serem coletados anualmente em cada município. Estes dados encontram-se disponíveis no apêndice A, este inserido em CD com o programa, a malha digitalizada e todos os dados utilizados e gerados para sua solução.

5.2.3. Custos de Transporte

O passo seguinte foi a determinação dos custos de transporte de cada pneu coletado ao longo da malha determinada. Para isso faz-se necessário saber os tipos de veículos utilizados para o transporte dos pneus até os pontos de coleta e destes até a BSColway. Com informações da referida empresa foi possível determinar os tipos de veículos que geralmente são utilizados para fazer o transporte dos pneus inservíveis coletados nos dois trechos percorridos, isto é, dos pontos de demanda aos de coleta e dos pontos de coleta até a BSColway.

Ao primeiro trecho foi associada uma parcela de custo chamada G_1 , que representa o custo de transporte de cada pneu coletado desde os pontos de demanda até o ponto de coleta. Nesse trecho os pneus são coletados e entregues em carroças puxadas por cavalo, pelos próprios coletadores ou por pequenos veículos. Como não se tem uma informação definitiva nem uma uniformização de como os pneus são transportados nesse trecho, adotou-se que aqui o transporte de pneus era realizado por veículos utilitários leves (Kombi), que, segundo a BSColway, tem capacidade para transportar 180 pneus inservíveis devidamente compactados.

Ao segundo trecho foi associada uma parcela de custo chamada C_2 , que representa o custo de transporte de cada pneu desde o ponto de coleta até a BSColway. Conforme informações da referida empresa, o transporte desses pneus geralmente é feito por três tipos de veículos, que possuem capacidade de transportar pneus conforme segue:

- Caminhão leve (4 a 6 ton)– 500 pneus;
- Caminhão médio (10 a 14 ton) – 1600 pneus; e
- Caminhão semi pesado (14 a 18 ton) – 2500 pneus.

Com os tipos de veículos definidos acima, e admitindo-se que os veículos rodam 1250 quilômetros por mês coletando os pneus para que, após consolidada uma quantidade de pneus suficientes para serem transportados por um dos três veículos possíveis, estes sejam encaminhados para a BSColway. Na seqüência utilizou-se a revista Economia e Transporte (2004) que apresenta os custos fixos e variáveis de determinados tipos de veículos por quilômetro rodado para a determinação dos custos C_1 e C_2 , conforme apresentado na tabela 5.1, sendo os valores utilizados para se chegar aos referidos custos disponíveis no apêndice B.

Tabela 5.1 – Custos de Transporte de Pneu

VEÍCULO	Custo do Km rodado	Quantidade Pneus	C_1 (R\$/Km pneu)	C_2 (R\$/Km pneu)
Kombi	R\$ 1,5482	180	0,0086	-
Caminhão Leve	R\$ 2,1350	500	-	0,0043
Caminhão Médio	R\$ 2,6795	1600	-	0,0017
Caminhão Semi pesado	R\$ 3,2963	2500	-	0,0013

5.2.4. Custos dos Pneus Inservíveis

O próximo custo a ser definido, denominado C_{pneu} , representa o valor pago pela BSColway por cada pneu inservível recebido em sua sede. A definição desse custo foi feita com base na demanda levantada em cada município, conforme explicado anteriormente, e com base nos valores pagos pela BS-Colway pelos pneus de automóveis e caminhonetes, no caso R\$ 0,75 e R\$ 1,20 respectivamente. A fórmula para o cálculo do referido custo para cada município é:

$$C_{pneu} = \frac{0,75 * V_{automóveis} + 1,20 * V_{ca min honetes}}{V_{automóveis} + V_{ca min honetes}}$$

Nesta expressão tem-se:

$V_{automóveis}$ – demanda de pneus de automóveis;

$V_{caminhonetes}$ – demanda de pneus de caminhonetes.

Com a determinação do C_{pneu} de cada município foi feita, ainda, uma média aritmética desses valores, sendo encontrado então o valor $C_{pneu} = R\$ 0,85$.

5.2.5. Custo dos Pontos de Coleta

Para que se chegasse aos melhores resultados possíveis foi necessário estimar o custo que cada ponto de coleta tem, para que esse valor seja subtraído do resultado financeiro e assim se determine a quantidade mais adequada de pontos de coleta que maximizasse os ganhos das associações de coletadores.

Esse custo foi considerado o mesmo para todos os pontos de coleta, independentemente de sua localização ou da demanda existente no município que esse se encontra. O custo foi estimado levando em consideração as despesas administrativas, despesas com pessoal, veículos, eventuais maquinários e outras despesas que possam existir para se manter o local de armazenagem de pneus inservíveis.

Assim sendo o valor estimado pelo autor para cobrir os referidos custos foi de sete mil reais mensais (R\$7.000) para cada ponto de coleta existente.

5.3. Interface Computacional

Com os custos de transportes definidos para cada tipo de veículo, com a demanda determinada e com a malha digitalizada para os 1337 municípios, foi possível simular diferentes situações com a utilização do programa de p-medianas desenvolvido num trabalho

de doutorado (NUNES, 2002) dessa instituição, este adaptado para buscar os objetivos desse trabalho .

A figura 5.1 apresenta a tela do programa utilizado na busca da melhor solução do problema de localização de pontos de coleta de pneus inservíveis. Cada campo indicado entre parênteses tem sua função conforme segue:

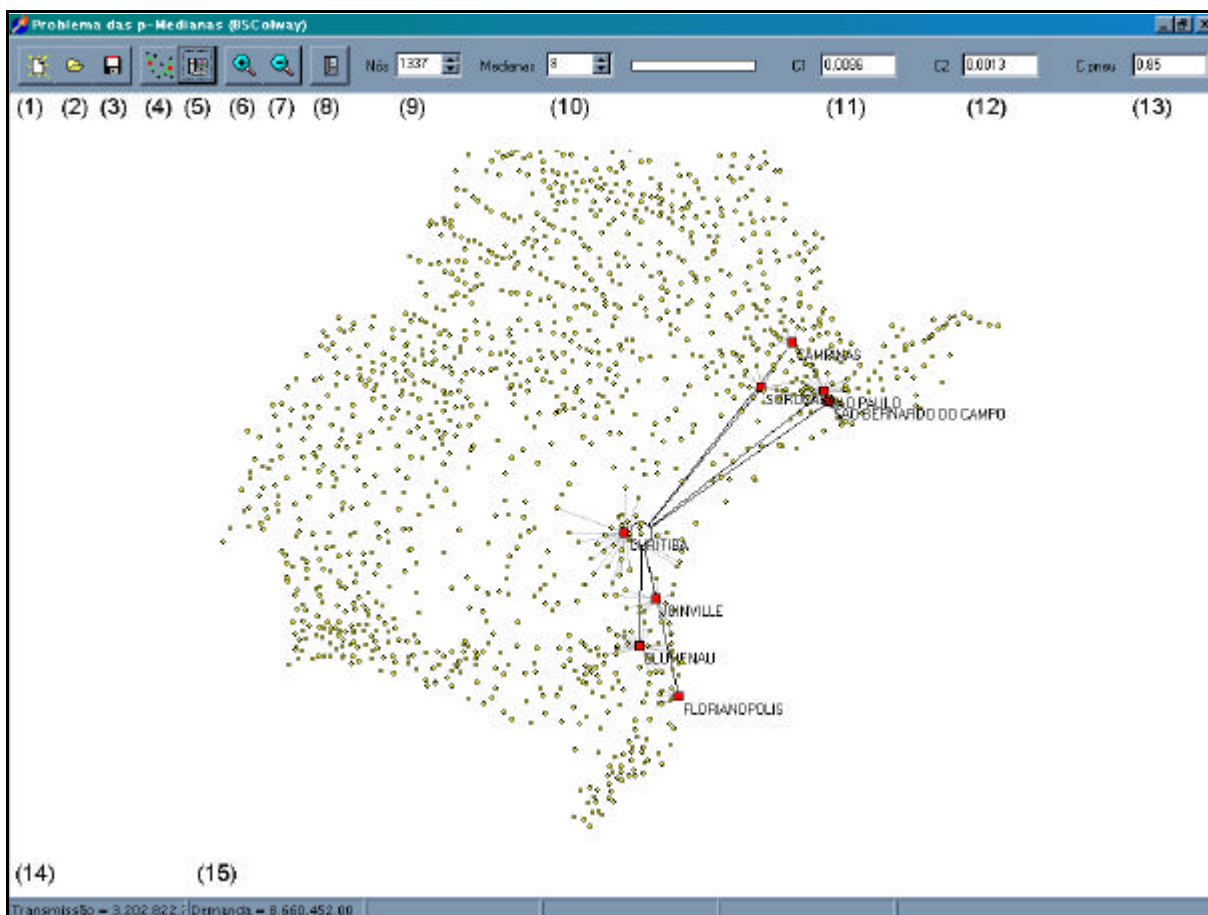


Figura 5.1 – Programa das p-Mediana (BSColway)

- (1) Novo problema de p-mediana aleatório;
- (2) Abrir um arquivo de p-mediana;
- (3) Salvar o problema de p-mediana;
- (4) Gerar uma solução aleatória inicial;
- (5) Aplicar o método de Teitz & Bart modificado;
- (6) Zoom in (aproximar mais);
- (7) Zoom out (distanciar mais);
- (8) Sair do sistema;
- (9) Quantidade de nós (municípios) pertencentes ao problema;

- (10) Quantidade de medianas (pontos de coleta);
- (11) Custo C_1 ;
- (12) Custo C_2 ;
- (13) Custo C_{pneu} ;
- (14) Transmissão, ou seja, custo com a entrega dos pneus inservíveis desde os pontos de coleta até a BSColway;
- (15) Quantidade de pneus coletados e entregues na BSColway.

Nesta tela devem ser inseridos, nos locais indicados, os valores de cada um dos custos considerados no programa (campos 11, 12 e 13) bem como a quantidade de pontos de coletas, no campo medianas (campo 10), para que o programa seja rodado. Como resultado o programa apresenta o conjunto de pontos de coleta (medianas) e as respectivas cidades associadas a cada um destes. Além disso é gerado um relatório detalhado das operações, com os valores finais de pneus recolhidos, ganhos e cidades participantes, este apresentado no apêndice C.

Ainda nesta figura, é apresentada a malha digitalizada pertencente aos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, totalizando em 1337 municípios. Para inicializar o programa faz-se necessário admitir uma solução inicial aleatória. Como pode ser observado, nesta figura estão localizadas 8 medianas (Campinas, Sorocaba, São Paulo, São Bernardo, Curitiba, Joinville, Blumenau e Florianópolis) que correspondem a solução ótima obtida para o problema, para o caso do veículo ideal (semi pesado), conforme resultados demonstrados na seqüência deste trabalho.

5.4. Resultados Obtidos

De posse de todas as informações necessárias e com a implementação do modelo proposto através de um programa computacional, foi possível obter, como resultado, após várias simulações considerando diferentes números de pontos de coleta a quantidade de pneus recolhidos e os retornos financeiros que esses geram ao serem entregues na BSColway, para os 3 tipos de veículos considerados.

A figura 5.2 apresenta, para cada tipo de veículo, a quantidade de pneus coletados em função da quantidade dos pontos de coleta. Verifica-se, graficamente, que com o veículo de maior capacidade, no caso o caminhão semi pesado, a quantidade de pneus coletados é sempre superior à dos outros tipos de veículos analisados. As curvas que representam as quantidades coletadas pelos veículos tendem a um valor limite que depende dos custos de transporte dos veículos considerados, e que não podem ultrapassar o valor pago pela BSColway para cada pneu recebido (C_{pneu}).

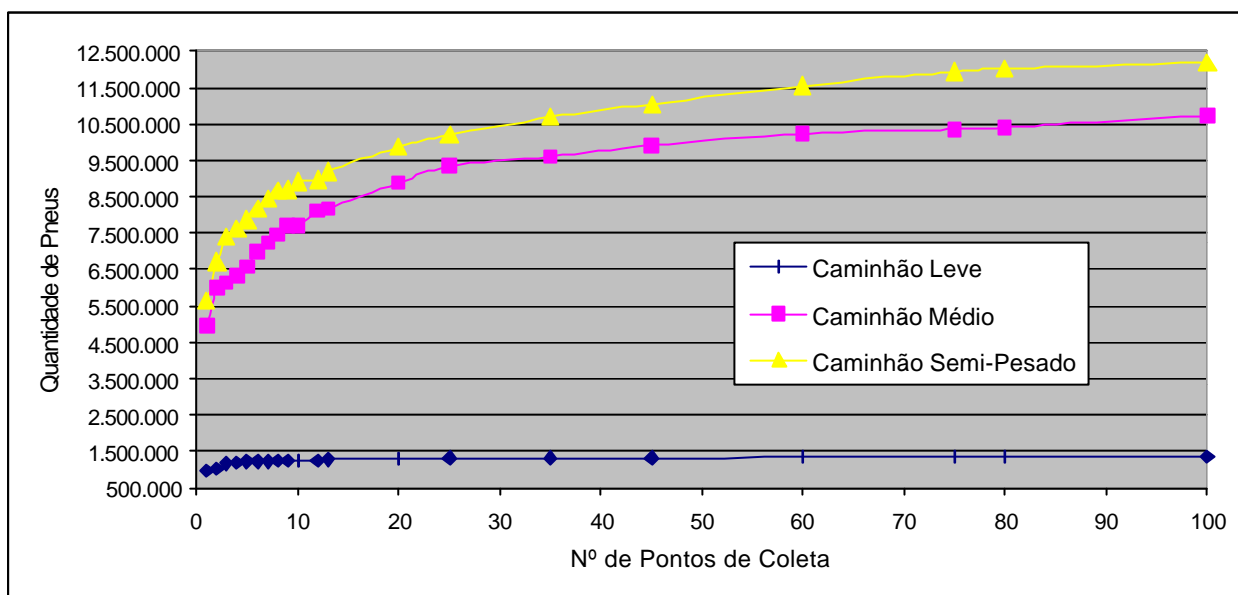


Figura 5.2 – Quantidade de Pneus Recolhidos X Nº de Pontos de Coleta

A figura 5.3 apresenta os diferentes ganhos financeiros das associações de coletadores com a variação da quantidade de pontos de coleta. Nessa figura observa-se que quanto maior o número de pontos de coleta considerados, maiores são os ganhos obtidos com a coleta dos pneus, tendendo a um limite máximo em função das quantidades de pneus coletados que também apresentam este comportamento, conforme apresentado na figura 5.2 e descrita acima.

Na figura 5.4 são apresentados os ganhos líquidos das associações para os diferentes números de pontos de coleta. Estes são determinados descontando-se dos ganhos financeiros os custos fixos anuais dos pontos de coleta de cada solução. Nesta figura pode ser observado, para cada veículo considerado, o número ótimo de pontos de coleta a serem implementados, que correspondem aos pontos de máximo lucro líquido.

Graficamente pode-se observar que para cada tipo de veículo considerado a curva que representa a relação entre as duas variáveis analisadas tem um ponto onde o ganho líquido é máximo. No caso do caminhão leve o número ideal de pontos de coleta é 1, já para o caminhão médio é 4, enquanto que para o semi pesado esse valor é 8. Em cada um desses casos, se forem considerados mais pontos de coleta, o ganho das associações passa a ser prejudicado pelos custos de serem montados os referidos pontos.

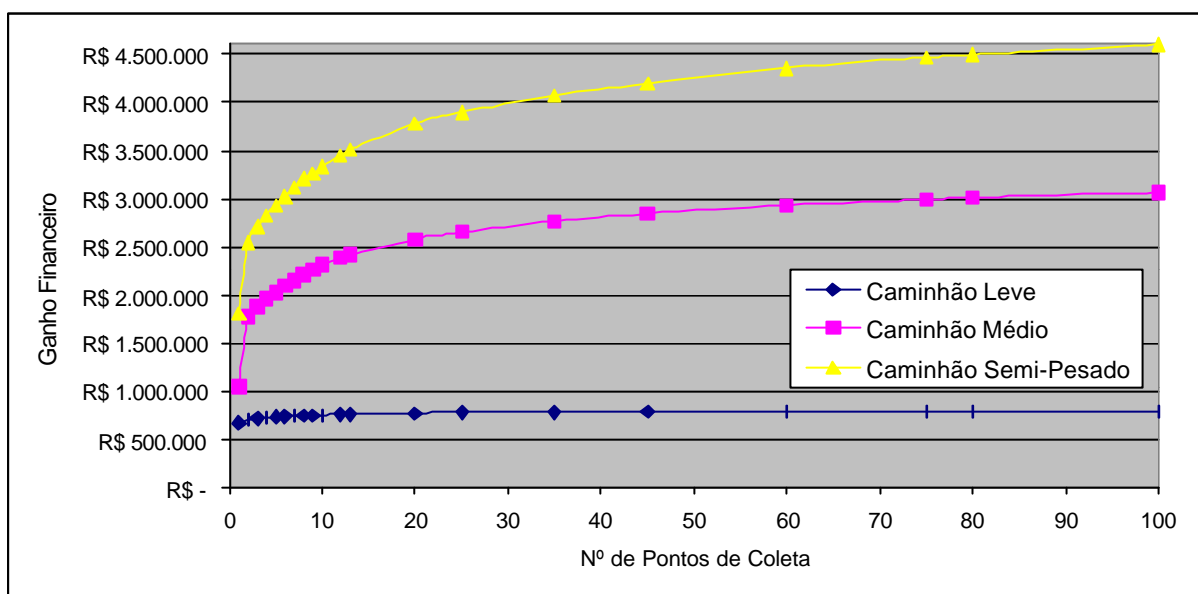


Figura 5.3 – Ganho Financeiro X Nº de Pontos de Coleta

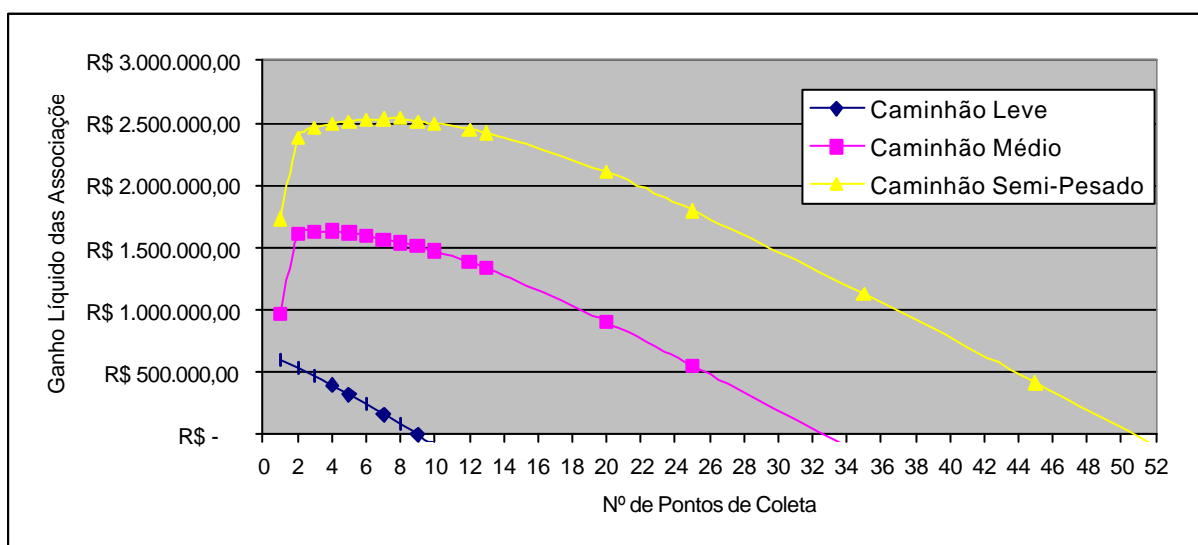


Figura 5.4 – Ganho Líquido das Associações X Nº de Pontos de Coleta

Com as figuras anteriores fica evidente que a utilização do caminhão leve não é a mais adequada à coleta de pneus, tendo em vista principalmente a sua baixa capacidade de transporte de pneus, acarretando em baixo retorno financeiro, decorrente do alto custo com o transporte.

Com a utilização do caminhão de média capacidade percebe-se que com o aumento dos pontos de coleta obtêm-se maior quantidade de pneus coletados, embora isso não represente o ganho líquido máximo que a associação pode obter, como pode ser verificado. Assim, espera-se que, através de uma decisão racional das associações de coletadores, o volume de pneus coletados seja limitado a 6.400.000 unidades anuais (figura 5.2), correspondente a 4 pontos de coleta (figura 5.4).

Por último tem-se o caminhão semi pesado, o qual apresenta os melhores resultados para o transporte dos pneus inservíveis desde os pontos de coleta até a BSColway. Com o aumento dos pontos de coleta torna-se possível agrupar maiores quantidades de pneus para serem transportados. Porém, com 8 pontos de coleta é que as associações de coletadores conseguem obter máximo ganho líquido (figura 5.4), e associado a estes pontos de coleta espera-se obter um total de 8.700.000 pneus coletados anualmente (figura 5.2).

Contudo, há um fator importante a se levar em consideração quanto a adoção de caminhões semi pesados para o transporte em questão: o tempo que transcorrerá até se consolidar uma carga completa para esses veículos, algo em torno de 2500 pneus. Enquanto não se chegar a esse montante, os pneus já recolhidos deverão ficar armazenados, acarretando na necessidade de grandes áreas para tal, o que pode gerar custos adicionais para as associações.

Outro ponto que também merece destaque se refere ao valor pago pela BSColway por cada pneu entregue em sua sede. Para que fosse possível ter um panorama do sistema para diferentes valores do C_{pneu} , foram mantidos os mesmos custos C_1 e C_2 referentes ao caminhão semi pesado, já que esses foram os valores que geraram os melhores resultados.

A figura 5.5 apresenta a quantidade máxima de pneus coletados para diferentes valores de C_{pneu} . Com base na quantidade de pneus inservíveis que a mesma deseja receber

anualmente na BSColway pode-se verificar qual o valor médio que pode ser pago pelos pneus coletados e entregues em sua sede. Com esse valor (C_{pneu}) definido as associações poderão definir quantas e quais cidades serão os pontos de coleta para que seu retorno financeiro líquido seja máximo e que as necessidades de BSColway sejam atendidas.

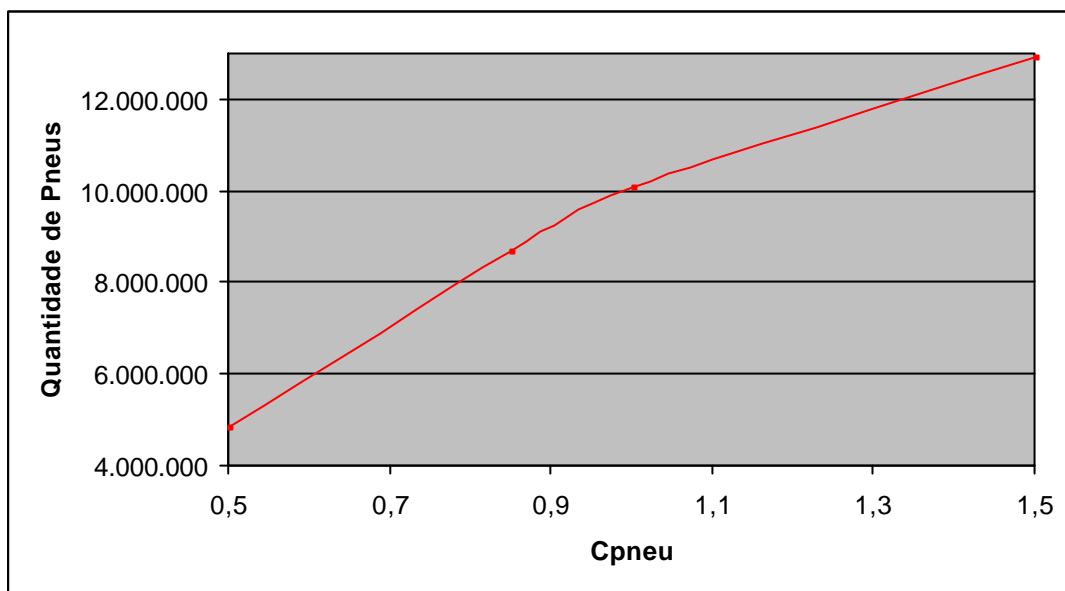


Figura 5.5 – Quantidade de Pneus Coletados X C_{pneu}

Segundo informações da BSColway, atualmente existem 10 cidades como pontos de coleta, que atuam somente no estado do Paraná, as quais estão apresentadas na tabela 5.2. Porém, conforme visto anteriormente nas figuras 5.2, 5.3 e 5.4, acredita-se ser possível aumentar a quantidade de pneus coletados e maximizar o ganho líquido das associações com a utilização de 8 pontos de coleta, com o transporte desses sendo realizado pelo caminhão semi pesado. Vale ressaltar que, diferentemente do cenário do Programa Paraná Rodando Limpo que atua principalmente no estado do Paraná, o modelo proposto mostra a utilização de 8 pontos de coleta para os três estados considerados como área de estudo, sendo as cidades selecionadas listadas abaixo, na tabela 5.3.

Tabela 5.2 – Cidades Participantes do Programa Paraná Rodando Limpo

Francisco Beltrão	Paranavaí
Santa Mariana	Cascavel
Foz do Iguaçu	Nova Esperança
Umuarama	Astorga
Mandaguari	Maringá

Tabela 5.3 – Cidades Selecionadas

Campinas	Curitiba
Sorocaba	Joinville
São Paulo	Blumenau
São Bernardo	Florianópolis

Segundo a Resolução Conama N° 258/99, de 26.08.99, no ano de 2005 para cada quatro pneus novos fabricados no País ou pneus novos importados, inclusive aqueles que acompanham os veículos importados, as empresas fabricantes e as importadoras deverão dar destinação final a cinco pneus inservíveis; sendo assim, a BSColway, com sua estimativa de produção para o ano de 2005, definirá a quantidade que deverá ser coletada para que seja dado o destino final correto de forma a atender a referida resolução. Caso, por exemplo, essa quantidade a ser coletada seja de 7.000.000 de pneus, através da figura 5.5 é possível observar que a mesma pode ser obtida adotando-se o valor de C_{pneu} como sendo de R\$ 0,70, minimizando assim os custos da referida empresa para a captação dos pneus. Com esse valor de C_{pneu} as associações deverão verificar novamente quais as cidades que serão pontos de coleta, mesmo que isso modifique toda a rede de coleta existente, ficando essa decisão para as mesmas em função da maximização dos seus ganhos com a entrega dos pneus na sede da BSColway.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. Conclusões

A logística reversa vem se desenvolvendo no Brasil de forma constante, muito devido a novas legislações que estão exigindo das empresas que seus produtos sejam melhor planejados, para que quando esses cheguem ao final da vida não sejam um problema para a sociedade, como também pelas novas oportunidades de se gerar lucros com esses materiais descartados.

Existe também a preocupação com os efeitos futuros que a extração de recursos naturais sem controle e o descarte dos produtos em final de vida útil possam causar tanto ao meio ambiente, quanto a toda população. Esta, em uma grande parcela, já demonstra grande conscientização sobre o assunto dos produtos em final de vida, tanto que em muitas cidades a coleta seletiva já está fazendo parte do dia a dia das pessoas. Um exemplo claro dessa conscientização é o da coleta e reciclagem das latas de alumínio, onde tanto quem vive de sua coleta como a população em geral ganha.

Entretanto, em alguns segmentos, a exploração do conceito de logística reversa e o aproveitamento dos materiais ditos inservíveis se apresentam insipientes, não existindo estudos ou dados que encorajem os empresários a adotar estratégias dessa natureza em suas empresas como novas oportunidades de negócios.

O Brasil produz cerca de 241 mil toneladas de lixo por dia. Desse total, quase 100 mil toneladas têm destinação inadequada. Isso gera prejuízos de ordem ambiental e econômica; estima-se que o país perde algo em torno de R\$ 5 bilhões por ano ao não reaproveitar o lixo que produz (REVISATA CNT, março, 2004).

O caso específico dos pneus inservíveis se apresenta como sendo um problema para toda a sociedade e agora mais especificamente, por força de legislações, para as empresas que o fabricam ou que o reutilizam. A quantidade desses pneus espalhadas em todo o território nacional não é conhecida, mas estima-se que 100 milhões deles estejam em terrenos baldios ou nos lixões, tornando tais lugares propícios para a proliferação de insetos e outros animais

responsáveis pela disseminação de doenças. A situação se agrava ainda mais, dadas as estimativas que dão conta do fato de serem necessários 600 anos para um pneu se decompor.

A empresa BSColway, juntamente com as associações de coletadores, vem desenvolvendo um trabalho onde toda a sociedade sai ganhando. Com o trabalho de coleta de pneus inservíveis a empresa cumpre suas obrigações legais. Ao mesmo tempo, permite que pessoas envolvidas no processo de coleta tenham uma oportunidade adicional de obter renda extra. Além disso, ressalta-se o fato de que com tal processo é possível dar um destino final adequado a um material que, em caso contrário, certamente estaria contribuindo para a poluição do meio ambiente, com todas as implicações decorrentes disso.

O presente trabalho teve como principal objetivo verificar a melhor configuração da rede de coleta de pneus inservíveis da região que abrange os estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo. Neste trabalho tal rede é definida a partir da demanda de pneus oriundos de cada cidade da região de estudo, bem como dos custos de recolhimento e transporte dos mesmos. Como resultado, é determinado o número ótimo de pontos de coleta a serem instalados na região, de modo que o retorno financeiro líquido das partes envolvidas nesse processo de coleta seja maximizado. Para o desenvolvimento do trabalho foi necessária uma verificação da rede reversa desses pneus e todos os aspectos envolvidos nessa atividade, incluindo os aspectos sociais, econômicos e ambientais.

A implantação da rede de coleta desses pneus requer grande esforços por parte das pessoas envolvidas na organização desse problema. Dentre as dificuldades existentes acredita-se que existem três consideradas críticas, quais sejam:

- a organização dos coletadores, para que os mesmos trabalhem focados no objetivo principal que é a retirada dos pneus inservíveis do meio ambiente;
- a obtenção de dados confiáveis sobre a demanda e os custos envolvidos na atividade de coleta para estruturar a rede reversa; e
- a conscientização da população, para que esse material não seja descartado em locais impróprios.

Mesmo com todas essas dificuldades, hoje a coleta dos pneus inservíveis no estado do Paraná é considerada modelo para outros estados do Brasil e até mesmo para outros países. Tal constatação demonstra que todo o empenho depositado nessa atividade foi válido.

6.2. Recomendações

De acordo com as conclusões apresentadas no item anterior, o problema resolvido trouxe resultados interessantes para o caso da localização de pontos de coleta de pneus inservíveis na região que abrange os estados do Paraná, São Paulo e de Santa Catarina. No entanto, foi possível identificar oportunidades de melhorias no trabalho, estas podendo inclusive servir como sugestões na elaboração de outras pesquisas na mesma linha de pensamento.

Uma primeira recomendação diz respeito a utilização do modelo proposto com valores de custos e demandas mais próximos da realidade, a fim de verificar se as associações e a BSColway efetivamente estão aplicando a melhor estratégia de coleta possível, isto é, maximizar os ganhos da primeira e minimizar os custos da segunda. Isso significa verificar junto às associações de coletadores os valores que são despendidos em cada uma de suas estruturas para a coleta dos pneus, bem como identificar os custos de transporte dos mesmos.

A existência de outras empresas que produzem pneus no Brasil, que evidentemente também estão sujeitas a legislação, faz com que a busca por pneus a serem destruídos passe a configurar tal como um “jogo” onde cada empresa tentará pagar o mínimo necessário para recolher a quantidade exigida por lei. Com o intuito de alcançar esta cota, as empresas deverão rever o preço praticado, e a medida que o fazem, retiram uma parcela de pneus que seria coletado por uma empresa concorrente. Esta por sua vez, para recuperar o volume perdido, reajusta o preço. Tal processo tem continuidade até que um ponto de equilíbrio seja alcançado. Neste sentido o problema apresentado poderia vir a ser estudado à luz dos modelos de equilíbrio encontrados na teoria dos jogos.

Finalmente, como perspectiva de um trabalho futuro, sugere-se utilizar a base desse trabalho para outros produtos que devam ser coletados em função de alguma legislação vigente ou por razões ambientais.

REFERÊNCIAS

AMBIENTE BRASIL. Disponível em <http://www.ambientebrasil.com.br/noticias/index.php3?action=ler&id=16072>. Acesso em 14 setembro 2004a.

AMBIENTE BRASIL. Disponível em <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=residuos/index.php3&conteudo=./residuos/reciclagem/pneus.html>. Acesso em 20 maio 2004b.

AMBIENTE BRASIL. Disponível em <http://www.ambientebrasil.com.br/noticias/index.php3?action=ler&id=14682>. Acesso em 20 maio 2004c.

AMBIENTE BRASIL. Disponível em <http://www.ambientebrasil.com.br/noticias/index.php3?action=ler&id=14765>. Acesso em 27 maio 2004d.

ANDRADE F. C., PACHIEGA K. e EL-KHATIB N. **Você Usou. E Agora?**. Disponível em: <http://geocities.yahoo.com.br/voceusou>. Acesso em 14 abril 2003.

ANDRIETTA A. J. **Pneus e Meio Ambiente: Um Grande Problema Requer Uma Grande Solução**. Disponível em: <http://www.reciclarepreciso.hpg.ig.com.br/recipneus.htm>. Acesso em 12 janeiro 2004.

ARIMA, S.; BATTAGLIA, A. **Logística Reversa** – Da terra para a terra, uma visão do ciclo total – 2ª. parte. Revista Tecnológica, n° 90, Ano VIII, pp 70-76. São Paulo: Publicare Editora, 2003a.

ARIMA, S.; BATTAGLIA, A. **Logística Reversa** – Da terra para a terra, uma visão do ciclo total – 3ª. parte. Revista Tecnológica, n° 91, Ano VIII, pp 134-141. São Paulo: Publicare Editora, 2003b.

BALLOU, R. H. **Logística Empresarial** – Transportes, Administração de Materiais e Distribuição Física. São Paulo: Atlas, 1993.

BRITO M. P.; DEKKER R; FLAPPER S. D. P. **Reverse Logistics: a review os case studies**. Version 2003. Disponível em <https://dspace.ubib.eur.nl/retrieve/274/ERS-2003-012-LIS.pdf>. Acesso em 20 fevereiro 2004.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística Empresarial** – O Processo de Integração da Cadeia de Suprimentos. São Paulo: Atlas, 2001.

BSCOLWAY. Disponível em <http://www.bscolway.com.br>. Acesso em 13 outubro 2004.

CARVALHO, J. **Fichas Técnicas**. Disponível em: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/pneus.htm>. Acesso em 16 fevereiro 2004.

CEMPRE. Disponível em: http://www.cempre.org.br/fichas_tecnicas_pneus.php. Acesso em 11 abril 2004.

CHRISTOFIDES, N. *Graph Theory – An Algorithmic Approach*. London: Academic Press, 1975.

CHRISTOPHER M. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos** – Estratégias para a Redução de Custos e Melhoria dos Serviços. São Paulo: Pioneira, 1997.

CLM - COUNCIL OF LOGISTICS MANAGEMENT . Disponível em <http://www.clm1.org>. Acesso em: 09 abril 2004.

CONAMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/>. Acesso em: 02 fevereiro de 2004.

DENATRAN. **Frota de Veículos**. Disponível em <http://www.denatran.gov.br/frota.htm>. Acesso em 15 setembro 2004.

DOWLATSHAHI, S. **Developing a Theory of Reverse Logistics**. Interfaces, vol 30 (3): p. 143-155, 2000.

D. S. Rogers e R. S. Tibben-Lembke. **Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices** – University of Nevada, 1998. Disponível em <http://www.unr.edu/coba/logis/reverse.pdf>. Acesso em: 16 fevereiro 2004.

GOLDSBY, T. J.; CLOSS D. J. *Using Activity-Based Costing to Reengineer the Reverse Logistics Channel*. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, n. 6, v. 30, p. 500-514, 2000.

KAMIMURA, E. **Potencial de Utilização dos Resíduos de Borracha de Pneus pela Indústria a Construção Civil**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

KLAUSNER, M.; HENDRICKSON, C. *Reverse-logistics strategy for product take-back*, *Interfaces*, n. 30, v. 3, p.156-165, 2000.

KRUMWIEDE, D. W.; SHEU, C. *A model for Reverse Logistics Entry by Third Party Provides*. *Omega*, Elsevier, n. 30, p. 325-333, 2002.

LACERDA, L. **Logística Reversa** – Uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais. Artigos CEL. Disponível em <http://www.cel.coppead.ufrj.br/fr-rev.htm>. Acesso em: 18 maio 2003.

LEITE, P. R. **Logística reversa: nova área da logística empresarial - 1ª parte**. Revista Tecnológica, n° 78, Ano VIII, pp 102-109. São Paulo: Publicare Editora, 2002a.

LEITE, P. R. **Logística Reversa** – Meio Ambiente e Competitividade. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

LUZ, N. F. **Embalagem e a Logística.** Disponível em: http://www.ibralog.org.br/pags/artigos/detalhes_artigos.asp?Cod_Artigo=14. Acesso em: 21 outubro 2003.

MAIA, W.D. **O Uso de Embalagens Reutilizáveis nos Canais de Exportação da FIAT.** 2001. Dissertação. (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

MARIEN, E. J. **Reverse Logistics as Competitive Strategy.** *The Supply Chain Yearbook*, 2001 Edition. Disponível em <http://uwexeced.com/supplychain/pdf/Marien3.pdf>. Acesso em: 20 fevereiro 2004.

MICHELIN. Disponível em: http://www.michelin.com.br/wps/portal/_pagr/105/_pa.105/120?lp=TC&channelId=ec38b54fea639f00VgnVCMserver6620600aRCRD. Acesso em 11 outubro 2004.

MINNER, S. **Strategy Safety Stocks in Reverse Logistics Supply Chains.** *International Journal of Production Economics*. Elsevier, n. 71, p. 417-428, 2001.

NETTO, R. M. **Logística Reversa:** uma nova ferramenta de relacionamento. Disponível em: <http://www.guiadelogistica.com.br>. Acesso em: 08 março 2004.

NOVAES, A. G. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2001.

NOVAES, A. G. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição.** 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

NUNES, L. F. **Um Algoritmo Heurístico para Solução de Problemas de Grande Escala de Localização de Instalações com Hierarquias.** 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

PARANÁ RODANDO LIMPO. Disponível em <http://www.paranarodandolimpo.com.br>. Acesso em 20 abril 2004.

PETROBRAS. **Reciclagem de Pneus.** Disponível em <http://www2.petrobras.com.br/minisite/refinarias/portugues/six/meioambiente/reciclagem.html>. Acesso em 18 junho 2004.

PRÊMIO VALOR SOCIAL 2003. Disponível em http://www.valoronline.com.br/vsocial/pdfs/Resp_Meio-BSColway%20Pneus.pdf. Acesso em 12 maio 2004.

RABUSKE, M. A. **Introdução à Teoria dos Grafos.** Florianópolis: Editora da UFSC, 1992.

RECAUFAIR. **Camisetas Feitas de Pneus.** Disponível em: <http://www.resol.com.br/curiosidades2.asp?id=1329>. Acesso em 08 março 2004.

REVISTA CNT. **O futuro do Pneu.** São Paulo, março, 2004.

REVISTA FAPEMIG. **Reciclagem de Pneus.** Disponível em <http://revista.fapemig.br/10/pneus.html>. Acesso em 10 março 2004.

REVISTA TECNOLÓGICA. São Paulo: Publicare, n. 79, junho 2002a.

REVISTA TECNOLÓGICA. São Paulo: Publicare, n. 80, julho 2002b.

REVISTA TECNOLÓGICA. São Paulo: Publicare, n. 91, junho 2003.

RLEC – REVERSE LOGISTICS EXECUTIVE COUNCIL. Disponível em <http://www.rlec.org>. Acesso em: 15 março 2004.

SALINI R. B. **Utilização de Borracha Reciclada de Pneus em Misturas Asfálticas.** 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000.

SANTOS, A. L. T. dos. **Plano de gerenciamento do Pneu Resíduo: Metodologia.** 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, 2002.

SHIH, L. Reverse Logistics System Planning for Recycling Electrical Appliances and Computers in Taiwan. *Resources, Conservation and Recycling*. Elsevier, n. 32, p. 55-72, 2001.

STOCK J. R. **Development and Implementation of Reverse Logistics Programs.** United States of America: Council of Logistics Management, 1998.

TOULFAS, G. T.; PAPPIS, C. P.; MINNER, S. *An Inviromental Analysis of Reverse Supply Chain of SLI Batteries.* *Resources, Conservation and Recycling*. Elsevier, n. 2, v. 36, p. 135-154, 2002.

APÊNDICES

APÉNDICE A

APÊNDICE B

	Utilitário	Caminhão Leve	Caminhão Médio	Caminhão Semi Pesado
Veículo referência	Kombi Furgão	F-4000	V W 13-150	V W 17-220
capacidade disponível	1 Ton	6 Ton	13 Ton	16 Ton
Quantidade de pneus transportados	180	500	1600	2500
Total custo fixo mensal	R\$ 1.528,13	R\$ 2.100,14	R\$ 2.659,13	R\$ 3.272,26
Quilometragem média mensal	1250	1250	1250	1250
Total custo fixo/km	R\$ 1,2225	R\$ 1,6801	R\$ 2,1273	R\$ 2,6178
Total custo variável	R\$ 0,3257	R\$ 0,4549	R\$ 0,5522	R\$ 0,6785
Custo quilometro rodado	R\$ 1,5482	R\$ 2,1350	R\$ 2,6795	R\$ 3,2963
Custo quilometro rodado/pneu	R\$ 0,0086	R\$ 0,0043	R\$ 0,0017	R\$ 0,0013
C1	R\$ 0,0086	-	-	-
C2	-	0,0043	0,0017	0,0013

APÊNDICE C

D A D O S P R I M Á R I O S

Preço do Pneu (R\$/unid): 0,8500
 Transporte Local (R\$/km.unid) : 0,0086
 Transporte BSColway (R\$/km.unid): 0,0013
 Número de Postos de Coleta: 8

Centro de Coleta: BR350950 CAMPINAS
 Distância BSColway (km): 410,8
 Custo de Transbordo (R\$/unid): 0,5340

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	DEMANDA (unid)	DISTÂNCIA (km)	COLETA (R\$/unid)	GANHO (R\$/unid)	TOTAL (R\$)
BR350160	AMERICANA	66.705	25,2	0,2167	0,0992	6.619,80
BR350950	CAMPINAS	381.407	0,0	0,0000	0,3160	120.509,36
BR351280	COSMOPOLIS	12.300	34,0	0,2924	0,0236	289,79
BR351907	HORTOLANDIA	26.596	18,1	0,1557	0,1603	4.263,34
BR352050	INDAIATUBA	46.001	36,2	0,3113	0,0046	213,44
BR352470	JAGUARIUNA	12.034	26,1	0,2245	0,0915	1.101,11
BR352590	JUNDIAI	128.868	32,2	0,2769	0,0390	5.031,01
BR352730	LOUVEIRA	7.245	23,5	0,2021	0,1139	824,92
BR353180	MONTE MOR	7.504	29,0	0,2494	0,0666	499,47
BR353340	NOVA ODESSA	14.503	22,6	0,1944	0,1216	1.763,56
BR353650	PAULINIA	21.883	20,3	0,1746	0,1414	3.093,82
BR355240	SUMARE	47.586	25,3	0,2176	0,0984	4.681,51
BR355620	VALINHOS	36.217	8,1	0,0697	0,2463	8.920,25
BR355670	VINHEDO	21.836	17,7	0,1522	0,1637	3.575,43
T O T A L		830.685				161.386,80

Centro de Coleta: BR354870 SAO BERNARDO DO CAMPO
Distância BSColway (km): 357,6
Custo de Transbordo (R\$/unid): 0,4649

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	DEMANDA (unid)	DISTÂNCIA (km)	COLETA (R\$/unid)	GANHO (R\$/unid)	TOTAL (R\$)
BR351350	CUBATAO	15.411	23,1	0,1987	0,1865	2.873,54
BR351380	DIADEMA	59.363	4,5	0,0387	0,3464	20.564,53
BR351510	EMBU-GUACU	6.736	43,7	0,3758	0,0093	62,64
BR352220	ITAPECERICA DA SERRA	18.615	39,9	0,3431	0,0420	781,46
BR352940	MAUA	74.872	13,6	0,1170	0,2682	20.077,68
BR354100	PRAIA GRANDE	25.608	40,2	0,3457	0,0394	1.008,96
BR354330	RIBEIRAO PIRES	23.191	17,3	0,1488	0,2363	5.480,96
BR354410	RIO GRANDE DA SERRA	4.572	22,5	0,1935	0,1916	876,09
BR354780	SANTO ANDRE	254.184	6,4	0,0550	0,3301	83.901,05
BR354850	SANTOS	125.298	35,1	0,3019	0,0833	10.432,31
BR354870	SAO BERNARDO DO CAMPO	255.854	0,0	0,0000	0,3851	98.534,49
BR354880	SAO CAETANO DO SUL	80.054	13,2	0,1135	0,2716	21.742,67
BR355100	SAO VICENTE	33.735	35,4	0,3044	0,0807	2.721,74
T O T A L		977.493				269.058,11

Centro de Coleta: BR355030 SAO PAULO
Distância BSColway (km): 354,8
Custo de Transbordo (R\$/unid): 0,4612

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	DEMANDA (unid)	DISTÂNCIA (km)	COLETA (R\$/unid)	GANHO (R\$/unid)	TOTAL (R\$)
BR350390	ARUJA	18.308	30,0	0,2580	0,1308	2.393,95
BR350570	BARUERI	50.978	21,7	0,1866	0,2021	10.304,69
BR350900	CAIEIRAS	11.646	27,4	0,2356	0,1531	1.783,24
BR350920	CAJAMAR	9.119	29,9	0,2571	0,1316	1.200,24
BR350960	CAMPO LIMPO PAULISTA	12.693	39,2	0,3371	0,0516	655,47
BR351060	CARAPICUIBA	49.848	27,4	0,2356	0,1531	7.632,73
BR351300	COTIA	35.225	38,7	0,3328	0,0559	1.970,49
BR351500	EMBU	22.176	32,0	0,2752	0,1136	2.518,31
BR351570	FERRAZ DE VASCONCELOS	14.724	35,7	0,3070	0,0817	1.203,54
BR351630	FRANCISCO MORATO	8.158	36,2	0,3113	0,0774	631,76
BR351640	FRANCO DA ROCHA	11.728	31,2	0,2683	0,1204	1.412,52
BR351880	GUARULHOS	213.502	13,8	0,1187	0,2701	57.662,62
BR352250	ITAPEVI	21.944	31,3	0,2692	0,1196	2.624,06
BR352310	ITAQUAQUECETUBA	20.698	35,1	0,3019	0,0869	1.798,66
BR352500	JANDIRA	15.818	26,2	0,2253	0,1634	2.585,29
BR352850	MAIRIPORA	12.629	30,7	0,2640	0,1247	1.575,34
BR353440	OSASCO	145.060	29,4	0,2528	0,1359	19.716,56
BR353910	PIRAPORA DO BOM JESUS	1.708	44,1	0,3793	0,0095	16,23
BR353980	POA	14.837	38,5	0,3311	0,0577	855,50
BR354680	SANTA ISABEL	7.033	42,9	0,3689	0,0198	139,39
BR354730	SANTANA DE PARNAIBA	22.203	31,5	0,2709	0,1179	2.616,85
BR355030	SAO PAULO	3.928.889	0,0	0,0000	0,3888	1.527.394,89
BR355250	SUZANO	42.309	42,0	0,3612	0,0276	1.166,04
BR355280	TABOAO DA SERRA	31.518	22,5	0,1935	0,1953	6.154,20
BR355650	VARZEA PAULISTA	17.242	42,6	0,3664	0,0224	386,22
T O T A L		4.739.993				1.656.398,77

Centro de Coleta: BR355220 SOROCABA
Distância BSColway (km): 312,4
Custo de Transbordo (R\$/unid): 0,4061

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	DEMANDA (unid)	DISTÂNCIA (km)	COLETA (R\$/unid)	GANHO (R\$/unid)	TOTAL (R\$)
BR350115	ALUMINIO	2.555	24,2	0,2081	0,2358	602,37
BR350275	ARACARIGUAMA	2.180	37,7	0,3242	0,1197	260,86
BR350290	ARACOIABA DA SERRA	5.250	20,2	0,1737	0,2702	1.418,34
BR350700	BOITUVA	9.722	42,6	0,3664	0,0775	753,65
BR351030	CAPELA DO ALTO	2.679	35,0	0,3010	0,1429	382,78
BR352100	IPERO	2.460	42,6	0,3664	0,0775	190,70
BR352390	ITU	41.115	37,1	0,3191	0,1248	5.131,97
BR352840	MAIRINQUE	8.211	33,4	0,2872	0,1566	1.286,17
BR353780	PIEDADE	10.011	25,6	0,2202	0,2237	2.239,66
BR353790	PILAR DO SUL	5.466	50,5	0,4343	0,0096	52,36
BR354060	PORTO FELIZ	10.695	37,1	0,3191	0,1248	1.334,95
BR354520	SALTO	23.644	50,2	0,4317	0,0122	287,51
BR354530	SALTO DE PIRAPORA	6.136	24,4	0,2098	0,2340	1.436,07
BR355060	SAO ROQUE	16.288	36,7	0,3156	0,1283	2.089,10
BR355220	SOROCABA	158.430	0,0	0,0000	0,4439	70.323,91
BR355645	VARGEM GRANDE PAULISTA	7.999	48,5	0,4171	0,0268	214,21
BR355700	VOTORANTIM	20.446	6,3	0,0542	0,3897	7.967,81
T O T A L		333.287				95.972,42

Centro de Coleta: BR410690 CURITIBA
Distância BSColway (km): 19,8
Custo de Transbordo (R\$/unid): 0,0257

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	DEMANDA (unid)	DISTÂNCIA (km)	COLETA (R\$/unid)	GANHO (R\$/unid)	TOTAL (R\$)
BR410030	AGUDOS DO SUL	1.174	63,8	0,5487	0,2756	323,53
BR410040	ALMIRANTE TAMANDARE	11.322	16,8	0,1445	0,6798	7.696,47
BR410120	ANTONINA	949	60,4	0,5194	0,3048	289,27
BR410180	ARAUCARIA	22.132	22,0	0,1892	0,6351	14.055,15
BR410230	BALSA NOVA	1.789	39,9	0,3431	0,4811	860,72
BR410310	BOCAIUVA DO SUL	1.398	33,7	0,2898	0,5344	747,15
BR410400	CAMPINA GRANDE DO SUL	5.488	26,6	0,2288	0,5955	3.268,10
BR410410	CAMPO DO TENENTE	869	88,3	0,7594	0,0649	56,38
BR410420	CAMPO LARGO	22.426	20,9	0,1797	0,6445	14.454,01
BR410425	CAMPO MAGRO	2.330	20,5	0,1763	0,6480	1.509,75
BR410520	CERRO AZUL	1.324	91,6	0,7878	0,0365	48,33
BR410580	COLOMBO	31.450	17,3	0,1488	0,6755	21.243,85
BR410620	CONTENDA	3.176	37,3	0,3208	0,5035	1.599,05
BR410690	CURITIBA	709.606	0,0	0,0000	0,8243	584.899,84
BR410765	FAZENDA RIO GRANDE	8.176	24,9	0,2141	0,6101	4.988,34
BR410960	GUARATUBA	2.655	88,7	0,7628	0,0614	163,12
BR411125	ITAPERUCU	2.474	29,1	0,2503	0,5740	1.420,08
BR411320	LAPA	7.516	63,0	0,5418	0,2825	2.122,97
BR411430	MANDIRITUBA	3.311	40,8	0,3509	0,4734	1.567,36
BR411570	MATINHOS	2.666	80,5	0,6923	0,1320	351,81
BR411620	MORRETES	1.322	49,5	0,4257	0,3986	526,90
BR411770	PALMEIRA	6.286	68,8	0,5917	0,2326	1.462,00
BR411820	PARANAGUA	16.995	69,7	0,5994	0,2248	3.821,16
BR411910	PIEN	2.600	79,1	0,6803	0,1440	374,40
BR411915	PINHAI	24.554	9,1	0,0783	0,7460	18.317,28
BR411950	PIRAQUARA	7.900	19,8	0,1703	0,6540	5.166,44
BR411990	PONTA GROSSA	66.578	89,4	0,7688	0,0554	3.689,75
BR411995	PONTAL DO PARANA	1.152	82,7	0,7112	0,1130	130,22
BR412010	PORTO AMAZONAS	575	59,3	0,5100	0,3143	180,71
BR412080	QUATRO BARRAS	3.953	25,5	0,2193	0,6050	2.391,41
BR412120	QUITANDINHA	2.283	65,4	0,5624	0,2618	597,74
BR412220	RIO BRANCO DO SUL	4.926	28,7	0,2468	0,5774	2.844,47
BR412550	SÃO JOSE DOS PINHAI	50.909	10,6	0,0912	0,7331	37.321,39
BR412760	TIJUCAS DO SUL	1.541	73,6	0,6330	0,1913	294,79
BR412788	TUNAS DO PARANA	297	68,8	0,5917	0,2326	69,08
T O T A L		1.034.102				738.853,00

Centro de Coleta: BR420240 BLUMENAU
Distância BSColway (km): 240,9
Custo de Transbordo (R\$/unid): 0,3132

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	DEMANDA (unid)	DISTÂNCIA (km)	COLETA (R\$/unid)	GANHO (R\$/unid)	TOTAL (R\$)
BR420125	APIUNA	1.831	43,8	0,3767	0,1602	293,23
BR420170	ASCURRA	2.015	37,2	0,3199	0,2169	437,07
BR420200	BALNEARIO CAMBORIU	23.905	53,2	0,4575	0,0793	1.895,91
BR420220	BENEDITO NOVO	2.499	41,0	0,3526	0,1842	460,39
BR420240	BLUMENAU	98.172	0,0	0,0000	0,5368	52.701,67
BR420290	BRUSQUE	32.038	33,1	0,2847	0,2522	8.079,02
BR420320	CAMBORIU	7.628	56,7	0,4876	0,0492	375,37
BR420370	CANELINHA	2.007	61,7	0,5306	0,0062	12,46
BR420515	DOUTOR PEDRINHO	880	57,1	0,4911	0,0458	40,28
BR420590	GASPAR	12.909	11,5	0,0989	0,4379	5.653,24
BR420630	GUABIRUBA	4.322	40,9	0,3517	0,1851	799,96
BR420690	IBIRAMA	4.422	61,6	0,5298	0,0071	31,26
BR420710	ILHOTA	2.237	26,1	0,2245	0,3124	698,77
BR420750	INDAIAL	13.122	18,5	0,1591	0,3777	4.956,57
BR420820	ITAJAI	42.476	39,8	0,3423	0,1945	8.263,71
BR421000	LUIZ ALVES	2.662	51,5	0,4429	0,0939	250,04
BR421060	MASSARANDUBA	3.521	36,5	0,3139	0,2229	784,94
BR421130	NAVEGANTES	6.613	47,9	0,4119	0,1249	825,90
BR421150	NOVA TRENTO	2.664	61,5	0,5289	0,0079	21,13
BR421320	POMERODE	9.194	28,7	0,2468	0,2900	2.666,35
BR421470	RIO DOS CEDROS	2.683	42,6	0,3664	0,1705	457,37
BR421510	RODEIO	2.794	43,9	0,3775	0,1593	445,06
BR421630	SAO JOAO BATISTA	4.424	55,2	0,4747	0,0621	274,77
BR421820	TIMBO	11.148	28,3	0,2434	0,2934	3.271,38
T O T A L		296.166				93.695,86

Centro de Coleta: BR420540 FLORIANOPOLIS
Distância BSColway (km): 333,7
Custo de Transbordo (R\$/unid): 0,4338

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	DEMANDA (unid)	DISTÂNCIA (km)	COLETA (R\$/unid)	GANHO (R\$/unid)	TOTAL (R\$)
BR420060	AGUAS MORNAS	1.306	31,9	0,2743	0,1419	185,26
BR420120	ANTONIO CARLOS	2.025	36,1	0,3105	0,1057	214,10
BR420230	BIGUACU	9.574	21,7	0,1866	0,2296	2.197,90
BR420540	FLORIANOPOLIS	140.012	0,0	0,0000	0,4162	58.271,59
BR421190	PALHOCA	21.684	16,2	0,1393	0,2769	6.003,65
BR421570	SANTO AMARO DA IMPERATRIZ	4.396	27,8	0,2391	0,1771	778,58
BR421660	SAO JOSE	48.537	7,6	0,0654	0,3508	17.028,24
BR421725	SAO PEDRO DE ALCANTARA	890	39,2	0,3371	0,0791	70,37
T O T A L		228.424				84.749,69

Centro de Coleta: BR420910 JOINVILLE
Distância BSColway (km): 163,4
Custo de Transbordo (R\$/unid): 0,2124

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	DEMANDA (unid)	DISTÂNCIA (km)	COLETA (R\$/unid)	GANHO (R\$/unid)	TOTAL (R\$)
BR420130	ARAQUARI	1.676	26,3	0,2262	0,4114	689,51
BR420205	BALNEARIO BARRA DO SUL	684	44,2	0,3801	0,2575	176,10
BR420210	BARRA VELHA	2.560	43,8	0,3767	0,2609	667,90
BR420330	CAMPO ALEGRE	2.586	53,8	0,4627	0,1749	452,29
BR420450	CORUPA	3.276	59,9	0,5151	0,1224	401,11
BR420580	GARUVA	1.921	33,6	0,2890	0,3486	669,70
BR420650	GUARAMIRIM	7.297	31,6	0,2718	0,3658	2.669,39
BR420890	JARAGUA DO SUL	38.230	39,4	0,3388	0,2987	11.420,83
BR420910	JOINVILLE	127.578	0,0	0,0000	0,6376	81.341,18
BR421250	PENHA	3.211	60,6	0,5212	0,1164	373,82
BR421280	PICARRAS	2.494	60,6	0,5212	0,1164	290,35
BR421580	SAO BENTO DO SUL	19.275	66,6	0,5728	0,0648	1.249,41
BR421620	SAO FRANCISCO DO SUL	6.028	45,8	0,3939	0,2437	1.469,02
BR421635	SAO JOAO DO ITAPERIU	790	54,4	0,4678	0,1697	134,09
BR421740	SCHROEDER	2.696	43,8	0,3767	0,2609	703,39
T O T A L		220.302				102.708,10
T O T A L G E R A L		8.660.452				3.202.822,76

ANEXOS

ANEXO 1**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA****RESOLUÇÃO CONAMA Nº 258/99, de 26.08.99****(Publicada no D.O.U. em 02/12/99, sob nº 230, Caderno 1, Página 39)**

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, no uso das atribuições que lhe são conferidas pela lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990 e suas alterações, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e

CONSIDERANDO que os pneumáticos inservíveis abandonados ou dispostos inadequadamente constituem passivo ambiental, que resulta em sério risco ao meio ambiente e à saúde pública;

CONSIDERANDO que não há possibilidade de reaproveitamento desses pneumáticos inservíveis para uso veicular e nem para processos de reforma, tais como recapagem, recauchutagem e remoldagem;

CONSIDERANDO que uma parte dos pneumáticos novos, depois de usados, pode ser utilizada como matéria-prima em processos de reciclagem;

CONSIDERANDO a necessidade de dar destinação final, de forma ambientalmente adequada e segura, aos pneumáticos inservíveis;

RESOLVE:

Art. 1º - As empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos ficam obrigadas a coletar e dar destinação final ambientalmente adequada aos pneus inservíveis existentes no território nacional, na proporção definida nesta Resolução relativamente às quantidades fabricadas e/ou importadas.

Parágrafo Único - As empresas que realizam processos de reforma ou de destinação final ambientalmente adequada de pneumáticos ficam dispensadas de atender ao disposto neste artigo, exclusivamente no que se refere à utilização dos quantitativos de pneumáticos coletados no território nacional.

Art. 2º - Para os fins do disposto nesta Resolução, considera-se:

I. pneu ou pneumático: todo artefato inflável, constituído basicamente por borracha e materiais de reforço, utilizado para rodagem em veículos;

II. pneu ou pneumático novo: aquele que nunca foi utilizado para rodagem sob qualquer forma, enquadrando-se, para efeito de importação, no código 4011 da Tarifa Externa Comum – TEC;

III. pneu ou pneumático reformado: todo pneumático que foi submetido a algum tipo de processo industrial com o fim específico de aumentar sua vida útil de rodagem em meios de transporte, tais como recapagem, recauchutagem ou remoldagem, enquadrando-se, para efeito de importação, no código 4012.10 da Tarifa Externa Comum – TEC;

IV. pneu ou pneumático inservível: aquele que não mais se presta a processo de reforma que permita condição de rodagem adicional.

Art. 3º - Os prazos e quantidades para coleta e destinação final, de forma ambientalmente adequada, dos pneumáticos inservíveis de que trata esta Resolução, são os seguintes:

I – A partir de 1º de Janeiro de 2002: para cada quatro pneus novos fabricados no País ou pneus importados, inclusive aqueles que acompanham os veículos importados, as empresas fabricantes e as importadoras deverão dar destinação final a um pneu inservível;

II – A partir de 1º de Janeiro de 2003: para cada dois pneus novos fabricados no País ou pneus importados, inclusive aqueles que acompanham os veículos importados, as empresas fabricantes e as importadoras deverão dar destinação final a um pneu inservível;

III – A partir de 1º de Janeiro de 2004:

a. Para cada um pneu novo fabricado no País ou pneu novo importado, inclusive aqueles que acompanham os veículos importados, as empresas fabricantes e as importadoras deverão dar destinação final a um pneu inservível;

b. Para cada quatro pneus reformados importados, de qualquer tipo, as empresas importadoras deverão dar destinação final a cinco pneus inservíveis;

IV – A partir de 1º de Janeiro de 2005:

a. Para cada quatro pneus novos fabricados no País ou pneus novos importados, inclusive aqueles que acompanham os veículos importados, as empresas fabricantes e as importadoras deverão dar destinação final a cinco pneus inservíveis;

b. Para cada três pneus reformados importados, de qualquer tipo, as empresas importadoras deverão dar destinação final a quatro pneus inservíveis.

Parágrafo Único - O disposto neste artigo não se aplica aos pneumáticos exportados ou aos que equipam veículos exportados pelo País.

Art. 4º - No quinto ano de vigência desta Resolução, o CONAMA, após avaliação a ser procedida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, reavaliará as normas e procedimentos estabelecidos nesta Resolução.

Art. 5º - O IBAMA poderá adotar, para efeito de fiscalização e controle, a equivalência em peso dos pneumáticos inservíveis.

Art. 6º - As empresas importadoras deverão, a partir de 1º de Janeiro de 2002, comprovar junto ao IBAMA, previamente aos embarques no exterior, a destinação final, de forma ambientalmente adequada, das quantidades de pneus inservíveis estabelecidas no Art. 3º desta Resolução, correspondentes às quantidades a serem importadas, para efeitos de liberação de importação junto ao Departamento de Operações de Comércio Exterior – DECEX, do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior.

Art. 7º - As empresas fabricantes de pneumáticos deverão, a partir de 1º de Janeiro de 2002, comprovar junto ao IBAMA, anualmente, a destinação final, de forma ambientalmente adequada, das quantidades de pneus inservíveis estabelecidas no Art. 3º desta Resolução, correspondentes às quantidades fabricadas.

Art. 8º - Os fabricantes e os importadores de pneumáticos poderão efetuar a destinação final, de forma ambientalmente adequada, dos pneus inservíveis de sua responsabilidade, em instalações próprias ou mediante contratação de serviços especializados de terceiros.

Parágrafo Único - As instalações para o processamento de pneus inservíveis e a destinação final deverão atender ao disposto na legislação ambiental em vigor, inclusive no que se refere ao licenciamento ambiental.

Art. 9º - A partir da data de publicação desta Resolução fica proibida a destinação final inadequada de pneumáticos inservíveis, tais como a disposição em aterros sanitários, mar, rios, lagos ou riachos, terrenos baldios ou alagadiços e queimas a céu aberto.

Art. 10º - Os fabricantes e os importadores poderão criar centrais de recepção de pneus inservíveis, a serem localizadas e instaladas de acordo com as normas ambientais e demais normas vigentes, para armazenamento temporário e posterior destinação final ambientalmente segura e adequada.

Art. 11º - Os distribuidores, os revendedores e os consumidores finais de pneus, em articulação com os fabricantes, importadores e Poder Público, deverão colaborar na adoção de procedimentos, visando implementar a coleta dos pneus inservíveis existentes no País.

Art. 12º - O não cumprimento ao disposto nesta Resolução implicará nas sanções estabelecidas na lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, regulamentada pelo Decreto nº 3.179, de 21 de setembro de 1999.

Art. 13º - Esta resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Sarney Filho
Presidente do Conselho
José Carlos Carvalho
Secretário Executivo